

# CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 1405-3586

REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 33 NÚM. 103 188 p. MÉXICO, D. F. ENE-JUN 2008

**inifap**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

**DIRECTOR DE LA REVISTA Y PRESIDENTE DEL COMITÉ EDITORIAL**

**Dr. Héctor M. Benavides Meza**

**SECRETARIO TÉCNICO**

**M.C. Carlos Mallén Rivera**

**COORDINADORA EDITORIAL**

**Dra. Cecilia Nieto de Pascual Pola**

*Ciencia Forestal en México* es la revista semestral de difusión científica en el ámbito forestal y ambiental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Público de Investigación y Organismo Público Descentralizado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). La publicación tiene como objetivo difundir los resultados de la investigación que realizan los investigadores del INIFAP, así como de la comunidad científica nacional e internacional en el ámbito de los recursos forestales. El contenido de las contribuciones que conforman cada número es responsabilidad de los autores y su aceptación quedará a criterio del Comité Editorial, con base en los arbitrajes técnicos y de acuerdo a las normas editoriales. Se autoriza la reproducción de los trabajos si se otorga el debido crédito tanto a los autores como a la revista. Los nombres comerciales citados en las contribuciones que aparecen en *Ciencia Forestal en México*, no implican patrocinio o recomendación a las empresas referidas, ni crítica a otros productos, herramientas o instrumentos similares.

*Ciencia Forestal en México* está inscrita en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica o Tecnológica, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Es referida en el servicio de CABI Publishing (Forestry Abstracts y Forest Products Abstracts) de CAB International, así como en el Catálogo de Revistas del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (LATINDEX); en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el Catálogo Hemerográfico de Revistas Latinoamericanas (Hela), en la Sección de Ciencias Exactas y Naturales.

*Ciencia Forestal en México*, revista semestral, enero-junio 2008. Editor Responsable Héctor Mario Benavides Meza. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2007-101614253300-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13912. Número de Licitud de Contenido: 11485. Domicilio de la Publicación: Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F. Imprenta: CENID-COMEF/INIFAP, Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F. Distribuidor: INIFAP, Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F.

ISSN1405-3586

**CONTENIDO**

	Pág.
CONSEJO CONSULTIVO Y CONSEJO EDITORIAL	3
CONSEJO ARBITRAL	5
EDITORIAL	9
EFFECTO DEL ALMACENAMIENTO SOBRE LA VIABILIDAD Y LA GERMINACIÓN DE BELLOTAS DE <i>Quercus rugosa</i> Y <i>Quercus glabrescens</i> Fernando Zavala Chávez †	15
REGENERACIÓN DEL COGOLLO DE <i>Agave lechuguilla</i> Torr. DE CINCO PROCEDENCIAS BAJO CULTIVO David Castillo Quiroz, Carlos Alejandro Berlanga Reyes, Marisela Pando Moreno y Antonio Cano Pineda	27
PROYECCIONES DIAMÉTRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO Rolando Orozco Contreras, José Ángel Prieto Ruiz y José de Jesús Návar Cháidez	41
ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y SIMILITUD DE HONGOS ECTOMICORRIZÓGENOS EN BOSQUES DE BOCOYNA, CHIHUAHUA, MÉXICO Miroslava Quiñónez Martínez, Fortunato Garza Ocañas, Manuel Sosa Cerecedo, Toutcha Lebgue Keleng, Pablo Lavin Murcio y Susana Bernal Carrillo	59
ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE CONÍFERAS NATIVAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN H. Jesús Muñoz Flores, Roberto Toledo Bustos, Trinidad Sáenz Reyes, Francisco J. Villaseñor, J. Jesús García Sánchez y J. Jesús García Magaña	79
POTENCIAL PRODUCTIVO EN EL DISTRITO FEDERAL PARA ÁRBOLES DE NAVIDAD Y ARBUSTOS DE USO MÚLTIPLE Ceferino Ortiz Trejo, Francisco Camacho Morfín, Eulogio Flores Ayala y Pilar de la Garza López de Lara	103

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE SERRÍN DE <i>Pinus caribaea</i> Moralet EN EL OCCIDENTE DE CUBA Iván Relova Delgado, Santiago Vignote Peña, María A. León Sánchez y Fidel Cándano Acosta	129
EL "OTRO" MÉXICO FORESTAL (LA ACTIVIDAD FORESTAL ILÍCITA) Miguel Caballero Deloya	149
HOMENAJE AL M.C. TOMÁS HERNÁNDEZ TEJEDA	177
HOMENAJE A LA DRA. HILDA SUSANA AZPIROZ	181
CURSO DE EDICIÓN	183



## CONSEJO CONSULTIVO

**Dr. Salvador Fernández Rivera**  
Coordinación de Investigación,  
Innovación y Vinculación / INIFAP.

**Dr. Robert Bye Boetler**  
Jardín Botánico, Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma  
de México.

**Dr. Celedonio Aguirre Bravo**  
Forest Service,  
United States Department of Agriculture.

**Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón**  
Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Dr. Adrián Fernández Bremauntz**  
Instituto Nacional de Ecología,  
SEMARNAT.

**Dr. Miguel Caballero Deloya**  
Colegio de Postgraduados.

**Dra. Amparo Borja de la Rosa**  
División de Ciencias Forestales,  
Universidad Autónoma Chapingo.

**Dr. Alejandro Velázquez Martínez**  
Especialidad Forestal,  
Colegio de Postgraduados.

**Dra. Patricia Koleff Osorio**  
Comisión Nacional para el Conocimiento  
y Uso de la Biodiversidad.

**Dr. Octavio S. Magaña Torres**  
Campo Experimental Valle de México,  
C.I.R. Centro / INIFAP.

**Dra. María Valdés Ramírez**  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,  
Instituto Politécnico Nacional.

**M. C. Vicente Arriaga Martínez**  
Comisión Nacional Forestal, SEMARNAT.

## CONSEJO EDITORIAL

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Ing. Francisco Camacho Morfin  
M.C. Tomás Hernández Tejeda  
M.C. Santa Ana Ríos Ruiz  
M.C. Juan Carlos Tamarit Urias  
M.C. Efraín Velasco Bautista  
Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México  
M.C. Verónica del Pilar Reyero Hernández



## **CONSEJO ARBITRAL**

**Canadá**

**Université Laval, Québec**

Dr. Roger Hernández

**Cuba**

**Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical**

Dra. Amelia Capote Rodríguez

**Unión Nacional de Escritores y Artistas de Cuba**

Dra. Raquel Carreras Rivery

**España**

**CIFOR/Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias**

Dr. Gregorio Montero González Dr. Sven Mutke Regneri

**Fundación CEAM**

Dra. María José Sáenz Sánchez

**Universidad Politécnica de Madrid**

Dr. Alfredo Blanco Andray Dr. Luis Gil Sánchez

Dr. Alfonso San Miguel-Ayanz Dr. Eduardo Tolosana

Dr. Santiago Vignote Peña

**Estados Unidos de América**

**New Mexico State University**

Dr. John G. Mexal

**Northern Arizona University**

Dr. Peter Z. Fulé

**Texas A&M University**

Dr. Raúl I. Cabrera

**University of California**

Dr. Richard Y. Evans

**University of Colorado at Denver**

Dr. Rafael Moreno Sánchez

**United States Department of Agriculture**

**Forest Service**

Dr. Mark E. Fenn Dr. Carlos Rodríguez Franco

## Francia

Institut de Recherche pour le Développement  
Dr. Daniel Gauthier

## Italia

International Plant Genetic Resources Institute  
Dra. Laura K. Snook

## México

Centro de Investigación y Docencia Económicas  
Dr. Juan Manuel Torres Rojo

### Colegio de Postgraduados

Dr. Arnulfo Aldrete	Dr. Dionicio Alvarado Rosales
Dr. Víctor M. Cetina Alcalá	Dra. Ma. de Lourdes de la Isla de Bauer
Dr. Héctor M. de los Santos Posadas	Dr. Ronald Ferrara-Cerrato
Dr. Edmundo García Moya	Dr. Jesús Jasso Mata
Dr. Lauro López Mata	Dr. Javier López Upton
Dr. Martín A. Mendoza Briseño	Dr. Antonio Trinidad Santos
Dr. Juan Ignacio Valdés Hernández	Dr. José René Valdez Lazalde
Dr. J. Jesús Vargas Hernández	

### Colegio de la Frontera Sur

Dr. Mario González Espinosa	Dr. Bernardus H. J. de Jong
Ph.D. Jorge E. Macías Sámano	Dr. Neptalí Ramírez Marcial
Dr. Cristian Tovilla Hernández	Dr. Henricus Franciscus M. Vester

### Colegio de Tlaxcala, A. C.

M.C. Noé Santacruz García

### Instituto de Ecología, A. C.

Dr. Guillermo Ángeles Álvarez    Dr. Ismael Raúl López Moreno

### Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango

Dr. José de Jesús Nívar Cháidez

### Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Dr. Juan José Jiménez Zacarías

### Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo    M.C. Salvador Valencia Manzo



### Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Baldemar Arteaga Martínez    M.C. Mario Fuentes Salinas  
M.C. Enrique Guisar Nolasco    Dr. Hugo Ramírez Maldonado  
Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo    Dr. Leonardo Sánchez Rojas  
Dr. Enrique Serrano Gálvez    Dra. Ernestina Valadez Moctezuma  
Dr. José A. Gil Vera Castillo    Dr. Fernando Zavala Chávez

### Universidad Autónoma Indígena de México

Dra. Hilda Susana Azpiroz Rivero

### Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Héctor Castillo Juárez    Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera

### Universidad Autónoma de Chihuahua

Ph.D. Concepción Luján Álvarez    Ph.D. Jesús Miguel Olivas García

### Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dra. Ana Laura López Escamilla

### Universidad Autónoma de Nuevo León

M.C. Glaforo Alanis Flores    Dr. Enrique Jurado Ybarra  
Dr. José Guadalupe Marmolejo Moncivais

### Universidad de Guadalajara

Dr. Luis Ramón Bravo García    Dr. Ezequiel Delgado Fourné  
M.C. Francisco J. Fuentes Talavera    M.C. María Guadalupe Lomelí Ramírez  
Dr. Rubén Sanjuán Dueñas

### Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Miguel Alberto Magaña Alejandro

### Universidad del Mar

M.C. Verónica Ortega Baranda

### Universidad Juárez del Estado de Durango

Ph.D. José Ciro Hernández Díaz

### Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dr. José Cruz de León    M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra  
M.C. Xavier Madrigal Sánchez    Dr. Alejandro Martínez Palacios  
Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñonez    Dr. David Zavala Zavala

### Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Humberto Bravo Álvarez    Dr. Joaquín Cifuentes Blanco  
Dr. Abisai Josué García Mendoza    Dr. Julio Alberto Lemos Espinal  
M.C. José A. Benjamín Ordoñez Díaz    Dr. Daniel Piñero Dalmau  
Dr. Manuel F. Rico Bernal    Dra. Teresa Terrazas Salgado

Universidad Veracruzana  
Dr. Lázaro Rafael Sánchez Velásquez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Miguel Acosta Mireles	Dr. Francisco Becerra Luna
Dr. Fernando Carrillo Anzures	Dr. Javier Castellanos Ramos
Dr. Gustavo Cruz Bello	Dr. Vidal Guerra de la Cruz
Dr. José Amador Honorato Salazar	Dr. Fabián Islas Gutiérrez
M.C. Juan Islas Gutiérrez	M.C. Miguel Martínez Domínguez
Dr. José Isidro Melchor Marroquín	M.C. Francisco Moreno Sánchez
Dr. José Ángel Prieto Ruíz	M.C. Arturo G. Valles Gándara
M.C. Ignacio Vázquez Collazo	Dr. José Villanueva Díaz

Consultores Privados

M.Sc. Rosalía A. Cuevas Rangel  
Dra. Teresita del Niño Jesús Marín Hernández

## EDITORIAL

Como fue comunicado en el número 102 de la Revista *Ciencia Forestal en México*, el lamentable fallecimiento del Dr. Miguel A. Musálem Santiago significó una pérdida irreparable tanto para el Comité Editorial de la misma, como para los ámbitos académicos y de investigación del sector forestal. En el caso de la revista, el Dr. Musálem formaba parte del Consejo Consultivo y sus atinadas sugerencias y entusiasta participación serán extrañadas. Para fortuna de esta publicación que me honra el dirigir, el lugar vacante ha sido ocupado por el Dr. Octavio S. Magaña Torres, reconocido investigador de gran trayectoria y con importantes aportaciones en su campo de investigación, quien incluso, cuando formaba parte del Consejo Arbitral, realizó interesantes propuestas para la operación del Comité. En este sentido, estoy seguro que el Dr. Magaña desempeñará con responsabilidad y desinterés personal las funciones que le corresponden, entre las que se encuentra el de ser el portavoz de las inquietudes de los investigadores forestales del INIFAP ante el Consejo Consultivo.

En el número que ahora es puesto en circulación aparecen ocho contribuciones, provenientes de diferentes instituciones y que tratan distintas temáticas de la dasonomía. La primera de ellas proviene del Dr. Fernando Zavala Chávez, recientemente fallecido, en la que se aborda el almacenamiento de semillas, proceso básico para la subsecuente producción de planta en vivero. En el caso de la semilla de los encinos se presenta una mayor dificultad por su carácter recalcitrante, lo que complica el cultivo en vivero. El autor trabajó con bellotas maduras de dos especies provenientes del Parque Nacional El Chico, Hgo., las cuales fueron colocadas aún húmedas en bolsas de plástico selladas para refrigerarlas a temperaturas de 5 a 7°C y revisadas cada 30 días durante 15 meses. Los resultados indican cantidades similares de bellotas podridas en ambas especies, pero en *Quercus glabrescens* se encontró una mayor proporción de germinadas que en *Q. rugosa*. La viabilidad de las bellotas almacenadas

disminuyó en ambas especies, pero decayó más rápidamente en *Q. glabrescens*, ya que no mostró bellotas viables desde el décimo mes. El autor concluye que las bellotas de *Q. glabrescens* pueden guardarse por menos tiempo que las de *Q. rugosa*, pero las dos especies parecen tener sensibilidad semejante a problemas de pudrición generados por su confinamiento. La información generada por el Dr. Zavala Chávez será de gran utilidad para el personal a cargo de los viveros en zonas templadas de México.

Extiendo mi más sincero pésame a los familiares, amigos, personal académico y estudiantes de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, por la irreparable pérdida de este connotado investigador y académico de la Botánica y la Ecología. Descanse en paz el Dr. Fernando Zavala Chávez, estimado colega y amigo, además de integrante de nuestro Consejo Arbitral.

El siguiente trabajo se relaciona con el ixtle de lechuguilla, producto forestal no maderable de las zonas áridas de México y de gran importancia en el noreste de México. Los autores evaluaron la regeneración del cogollo en cinco procedencias de lechuguilla, ya que en condiciones naturales los ixtleros colectan la fibra de poblaciones silvestres y tienen que recorrer grandes distancias para acceder al recurso e incluso, obtienen menores rendimientos por año, pues la regeneración se prolonga hasta en 22 meses. Se utilizaron hijuelos de lechuguilla con altura promedio de 35 cm, bajo tratamientos de nitrógeno y riego, y no encontraron diferencias entre los primeros pero sí entre las procedencias, de las cuales sobresalen las de los ejidos Marte y Jaumave, con longitudes promedio de cogollo de 33 y 32 cm en un lapso de evaluación de diez meses. Estos resultados orientarán seguramente los futuros proyectos de reforestación que se desarrollen en Coahuila, a fin de apoyar con mayor fundamento a los ixtleros de ese estado.

En el artículo que sigue los autores simularon las distribuciones diamétricas del arbolado de coníferas nativas del centro de Durango, México, mediante la



utilización de modelos de incremento y de estructuras diamétricas de árboles extraídos y de árboles remanentes en el bosque, bajo diferentes condiciones de extracción e intensidades de corta. Los autores concluyen que en caso de que se continúe cortando árboles con las estructuras diamétricas definidas en la relación de marqueo, la distribución de los remanentes tenderá a reducir el número de individuos de mayores dimensiones y a aumentar el número de los de menores dimensiones, por lo que se recomienda aplicar una intensidad de corta del 20 al 25%, con la extracción proporcional de árboles de todas las estructuras diamétricas e intervenciones de 18 a 24 años. La información que generó este grupo de investigadores será de gran utilidad y aplicación para los prestadores de servicios técnicos en las zonas boscosas del norte centro de México y sin duda apoyará las actividades de manejo que realizan.

El trabajo que se presenta a continuación también se relaciona con las áreas montañosas del norte centro del país, aunque en este caso con un recurso no maderable de gran importancia como son los hongos ectomicorrizógenos. Estos organismos son un indicador de la estructura y función de los bosques, por lo que los autores realizaron cuatro muestreos para medir la abundancia y diversidad de especies en áreas bajo diferentes condiciones (quema, tala, regeneración forestal y bosque natural). Esta última zona presentó la más alta diversidad y equitatividad conformada principalmente por individuos del género *Amanita*; mientras que la de regeneración mostró mayor frecuencia de esporomas, pero los índices de diversidad y riqueza fueron bajos. En las dos zonas de disturbio encontraron los menores índices de diversidad, aunque en la zona de quema se registró una abundancia significativa de *Astraeus hygrometricus*. Los autores concluyen que la presencia de varias especies con altos valores de abundancia y riqueza, explica la relación estrecha de los hongos ectomicorrizógenos con los bosques de pino mejor conservados. Indudablemente la información básica de nuestras áreas forestales es de gran importancia para su mejor entendimiento y por ende, conservación y aprovechamiento sustentable.

El siguiente artículo se relaciona con el establecimiento y manejo de dos áreas semilleras de coníferas nativas en el estado de Michoacán, tema de gran trascendencia para ese estado, pues ahí se registran alrededor de 570,708 ha con algún grado de perturbación y 35,000 ha/año se adicionan a esta categoría. Una alternativa para recuperar esa superficie en apoyo a los programas de reforestación y de plantaciones comerciales, es la producción de semilla proveniente de áreas semilleras, ya que se garantiza una fuente inmediata de abastecimiento de germoplasma de mayor calidad. El objetivo de este estudio fue el de establecer dos áreas semilleras con *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies religiosa*, para producir semillas con ganancia genética, de las que se conozca su origen y la fuente parental. Las áreas semilleras referidas por los autores coadyuvarán de manera significativa en la calidad de la planta que se utilice en las futuras plantaciones que se establezcan en el estado, importante entidad en la actividad forestal de México.

A continuación se presenta una contribución que versa sobre un tipo de plantaciones que han adquirido gran importancia en el país, particularmente en los bosques periurbanos y que se convierte en una alternativa productiva a corto plazo para los dueños o poseedores de esos lugares. En el presente estudio los autores evaluaron el potencial productivo en el Distrito Federal, para la producción de árboles de navidad y arbustos de uso múltiple para esta entidad federativa, ya que conserva una superficie rural denominada Suelo de Conservación que abarca cerca de 50% de su territorio. En este estudio se determinaron mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), áreas de buena productividad para establecer especies utilizadas como árboles de Navidad (*Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, *Pinus cembroides*, *Pinus greggii* y *Pinus maximartinezii*), tutores hortícolas (*Dodonaea viscosa*) y forraje (*Atriplex numularia* y *Eysenhardtia polystachya*). Dichas especies se relacionaron con los requerimientos agroecológicos y con las características del medio físico. Los

resultados indican que más de 80% de la superficie forestal del Distrito Federal reúne condiciones favorables para la producción de árboles de navidad y arbustos de uso múltiple. Esta información apoyará los trabajos operativos de las dependencias delegacionales y de la Secretaría del Medio Ambiente del D. F., así como las instancias federales que llevan a cabo proyectos en el suelo de conservación de esta entidad.

Nuevamente en la revista tenemos el agrado de publicar un trabajo proveniente de un país con problemáticas y búsqueda de alternativas similares a las de México. En esta contribución los autores desarrollaron su investigación tomando en cuenta que en Cuba existe una falta de industrias madereras de desintegración o de aprovechamiento energético, por lo que los residuos de aserrín procedentes de los aserraderos y otras fábricas se acumulan en los centros de origen, hasta que la saturación de los espacios disponibles, la contaminación ambiental y en consecuencia su impacto sobre la salud de los habitantes de las poblaciones contiguas obliga a su transporte a vertederos. Lo anterior los indujo a estimar la producción de aserrín en dos aserraderos ubicados en Pinar del Río y marcaron 200 trozas de *Pinus caribaea* de diferentes clases diamétricas. Los investigadores concluyen que el volumen de aserrín en esa provincia cubana asciende a 14,303.02 m<sup>3</sup> por año, con los consecuentes problemas de transporte para reducir su impacto en el ambiente y en la salud pública. Este tipo de información puntual resulta de gran ayuda para los tomadores de decisiones y en el caso del occidente de Cuba, es de esperar que contribuya a un mejor uso de este subproducto.

Cierra el presente número un ensayo elaborado por el Dr. Miguel Caballero Deloya, en el que aborda el intrincado tema de la actividad forestal ilícita en México, tema difícil de documentar pues al ser de índole ilegal, se carece de estadísticas e indicadores de su participación económica en el sector, pero como bien menciona el autor, es de pleno conocimiento público y tiene gran impacto ecológico, social y económico. El Dr. Caballero refiere que el éxito

de esta actividad se basa en la eficiente operación de la cadena productiva que incluye los eslabones de corta furtiva, el transporte de madera clandestina, la industrialización de madera ilegal y comercialización de productos de madera furtiva. En este ensayo se propone que este grave problema se logrará resolver mediante un proceso enteramente transparente basado en un seguimiento estrecho a los cuatro eslabones de la cadena productiva forestal, además de promover y recompensar la actividad legal. En relación con lo anterior, el Gobierno Federal implementó como medida de control que toda aquella madera o productos elaborados con la misma, que sea adquirida por las dependencias federales, deberán contar con un certificado de que proviene de aprovechamientos legales, como fue anunciado por el Presidente de la República en la pasada Expo Forestal 2007.

Finalmente, agradezco una vez más a los árbitros y editores del Comité Editorial de la Revista *Ciencia Forestal en México*, su desinteresada colaboración, ya que no sería posible la publicación de esta revista sin su altruista esfuerzo, y a los investigadores y académicos que confían en la misma para hacer llegar sus resultados a la comunidad forestal de México y a otros países con una problemática similar.

Dr. Héctor M. Benavides Meza  
Presidente del Comité Editorial y Director de la Revista  
*Ciencia Forestal en México*



# EFECTO DEL ALMACENAMIENTO SOBRE LA VIABILIDAD Y LA GERMINACIÓN DE BELLOTAS DE *Quercus rugosa* Y *Quercus glabrescens*<sup>1</sup>

Fernando Zavala Chávez<sup>2†</sup>  
(1953 – 2008)

## RESUMEN

Se efectuó el presente estudio con el propósito de evaluar la respuesta de las bellotas de *Quercus rugosa* y *Quercus glabrescens* provenientes del Parque Nacional El Chico, Hgo., al almacenamiento y su efecto en la germinación. Se recolectaron y seleccionaron bellotas maduras, que fueron colocadas estando húmedas en bolsas de plástico selladas para refrigerarlas a temperaturas de 5 a 7°C; fueron revisadas cada 30 días durante 15 meses. Se registraron las siguientes condiciones: viables, germinadas, podridas y deshidratadas, por especie y tiempo. Los resultados indican cantidades similares (30%) de bellotas podridas entre ambas especies, pero *Q. glabrescens* reunió mayor proporción de germinadas (69%) que *Q. rugosa* (54%). La viabilidad de las bellotas almacenadas de los dos tipos de encino disminuyó, pero más rápidamente en *Q. glabrescens* que ya no mostró ejemplares viables desde el décimo mes, en tanto que para *Q. rugosa* se calculó 7.5% de viabilidad después de 15 meses. Se concluye que las bellotas de *Q. glabrescens* pueden guardarse por menos tiempo (tal vez cerca de seis meses) que las de *Q. rugosa*, para conservar poco más de 50% de su viabilidad, pero las dos especies consideradas parecen tener sensibilidad semejante a problemas de pudrición generados por su confinamiento.

**Palabras clave:** almacenamiento, bellotas, encinos, germinación, pudrición, viabilidad.

Fecha de recepción: 06 de junio de 2007.

Fecha de aceptación: 11 de marzo de 2008.

---

<sup>1</sup> Documento publicado en homenaje al autor y como un reconocimiento a su trayectoria de investigación y docencia, sólo se llevó a cabo la revisión editorial con base en los arbitrajes recibidos.

<sup>2</sup> Departamento de Ecología y Silvicultura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Correo-e: [fer21za@hotmail.com](mailto:fer21za@hotmail.com)

## ABSTRACT

The present assessment study was carried out with acorns of *Q. glabrescens* and *Q. rugosa* from El Chico National Park under storage conditions and it was determined its effect upon germination. Mature acorns were collected, selected and placed, humid, in sealed plastic bags to put into a refrigerator at 5 to 7°C; they were reviewed every 30 days during 15 months. A record was kept of the viable, germinated, rotten and dehydrated acorns in each species as well as the time of storage. Results show that both species had similar amounts of rotten acorns (30 per cent), but *Q. glabrescens* had a higher proportion of germinated acorns (69%) than *Q. rugosa* (54%). The viability of stored acorns diminished in both species, but those of *Q. glabrescens* was even faster; however, there was no more germination of the latter form the tenth month onwards, while *Q. rugosa* showed 7.5% of viability after 15 months. As a conclusion, it can be stated that to preserve 50 per cent of viability, acorns of *Q. glabrescens* can be stored a shorter time (perhaps near six months) than those of *Q. rugosa*. However, both seem to have a similar sensibility to rottenness due to storage.

**Key words:** storage, acorns, oaks, germination, rottenness, viability.

## INTRODUCCIÓN

La conocida riqueza biológica de México se ve reflejada en diversos *taxa* arbóreos caracterizados por un elevado número de especies; el género *Quercus* presenta una gama de variantes morfológicas y ecológicas interespecíficas, especialmente en su abundancia, además de mecanismos de regeneración y otras características ambientales (Zavala, 1999). En efecto, muchas especies de encinos destacan por abundantes y otras por escasas. Entre las primeras sobresale *Q. rugosa* Née porque es la de mayor distribución en México (Zavala, 1995), pero sus demandas ecológicas se conocen sólo de manera parcial, lo que dificulta su aprovechamiento sustentable.

Las especies escasas, por otro lado, son prácticamente desconocidas. Se precisa investigarlas para ratificar y documentar esta condición además de las posibilidades y requerimientos para su conservación. Una de las especies endémicas de México es *Q. glabrescens* Benth. Suele encontrarse con relativa frecuencia en los bosques de encino, mesófilo de montaña y de oyamel -éstos últimos donde es numeroso- del centro del país (Espinoza, 1979; Zavala, 1998). A menudo crece en sitios con perturbación por tala, principalmente. Sin embargo, no se tiene claridad en los aspectos básicos para su conservación o su producción en vivero, lo que sugiere que una opción para los fines de conservación de estas especies es mediante el manejo de sus frutos.

Las bellotas constituyen las unidades de dispersión natural de los encinos y por lo tanto equivalen a las semillas; representan una de las características diagnóstico del género *Quercus*. La germinación de las bellotas ocurre conservando estructuralmente el carácter de "fruto". Este es un tipo de nuez, ya que contiene generalmente una semilla, misma que no debe extraerse del fruto para su almacenamiento debido a que posee una cubierta suave y permeable (testa) que no la protege contra la desecación. Esto sí sucede en el caso de la testa dura y resistente de semillas de otras plantas, como las leguminosas y las coníferas. La función protectora de la testa en las semillas de encinos es asumida por el pericarpio (cubierta externa) (Zavala, 1995; Zavala y García, 1996).

En el proceso de regeneración natural de los encinos, las bellotas son de fundamental importancia (Zavala, 2001b, 2004). Aunque muchas especies basan este proceso en mecanismos vegetativos, todas requieren de los frutos, al menos en alguna etapa de su historia de vida (Zavala y García, 1997; Zavala, 2000-2001, 2001a). El contenido de humedad (CH) de las bellotas varía entre las especies, así como dentro de una especie; el de las maduras de *Q. glabrescens* y *Q. rugosa*, se estimó en 47 y 49%, respectivamente (Zavala, 2004).

Aunque puede haber variaciones entre especies y subgéneros respecto a la relación CH-germinación, en encinos rojos (subgénero *Erythrobalanus*) la germinación se dificulta si el CH disminuye de 20 a 30%. En encinos blancos no ocurre germinación si el CH baja de 30 a 40%. De manera similar, las bellotas de CH alto, por lo general germinan antes que las que lo tienen bajo (Gosling, 1989). Esto se debe a su carácter recalcitrante, característica que se asocia al alto contenido de humedad y, en consecuencia, a la dificultad para almacenarlas sin perder su viabilidad (Ferrant *et al.*, 1988). Por tanto, almacenar estos frutos en bancos de germoplasma mediante los métodos convencionales resulta inadecuado, pues éstos son los apropiados para semillas ortodoxas. En el caso de encinos, el grado de recalcitrancia de bellotas puede variar fuertemente, lo que complica la posibilidad de extrapolar o generalizar datos. Las bellotas de *Q. glabrescens* y *Q. rugosa* se han propuesto como moderadamente recalcitrantes (Zavala, 2004).

Información sobre requerimientos para almacenamiento de bellotas de encinos mexicanos, así como del tiempo adecuado, no está disponible en la literatura. Los estudios relacionados con la desecación de bellotas, los efectos en su germinación y la repercusión en regeneración natural de encinos, son extremadamente escasos (Zavala, 2004), lo que es lamentable si se considera la relevancia que tienen para su manejo y la producción de planta de calidad con fines de reforestación, como también lo es para la conservación de especies *ex situ*. Así, Shrader-Frechette y McCoy (1993) consignan que, para este propósito es más importante el conocimiento sobre especies particulares que sobre la teoría ecológica general.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de bellotas de *Q. glabrescens* y *Q. rugosa* procedentes del Parque Nacional El Chico, Hgo., bajo condiciones de almacenamiento y su efecto en la germinación. Se espera que la información generada sea una referencia para otras especies mexicanas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante recorridos por el bosque de oyamel-encino del Parque Nacional El Chico, Hgo., se seleccionaron cuatro árboles de *Quercus glabrescens* y *Q. rugosa* en edad reproductiva, de un sitio ubicado entre las coordenadas geográficas 20° 12' y 20° 14' latitud norte y 98° 43' y 98° 45' longitud oeste, a 2750 msnm.

De ellos se recolectaron 2170 frutos maduros, de los cuales se eliminaron 360 por presentar daño físico o inmadurez. Las bellotas aparentemente sanas (sin evidencia de daño físico) y maduras (1810 en total) fueron seleccionadas, de acuerdo con Zavala (1995), en tanto que las dañadas e inmaduras se desecharon. Todas fueron sumergidas en una solución de 4 g de Captán 500 por litro de agua; posteriormente se colocaron húmedas en bolsas de plástico selladas y se almacenaron en un refrigerador doméstico a temperatura de 5-7°C.

Las bellotas de ambas especies fueron revisadas cada 30 días aproximadamente durante 15 meses (octubre, 2003 - diciembre, 2004). Las que permanecieron viables se utilizaron para producción de plantas en condiciones de vivero; las que evidenciaron pudrición fueron registradas y luego eliminadas del estudio. Las germinadas se revisaron, contaron y plantaron en recipientes con vermiculita húmeda para aprovecharlas.

Las variables evaluadas fueron: número de bellotas viables, germinadas y podridas por especie y tiempo de almacenamiento. Los datos fueron manejados de manera sencilla con medidas de tendencia central (Zar, 1999) para determinar su comportamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como podría esperarse, las bellotas recién recolectadas de las especies estudiadas mostraron mayor turgencia y humedad aparente que las almacenadas (Figura 1). En la mayor parte de las fechas de revisión, se observó la presencia de hongos en las bellotas (no identificados) que causaron pudrición en ambas especies (Figura 2b); se calculó 31 y 30% de bellotas podridas en *Q. glabrescens* y *Q. rugosa*, respectivamente, hasta diciembre de 2004 (Cuadro 1). Por esta razón, distintas cantidades de bellotas se eliminaron del estudio. Para *Q. glabrescens* se advirtió un número reducido de bellotas deshidratadas (0.1%), pero mayor proporción de germinadas (69 %) (Figura 2a) que *Q. rugosa* (54%); esta última registró 8% de bellotas deshidratadas a los 15 meses (Cuadro1).



Cuadro 1. Resumen de datos registrados del almacenamiento de bellotas en condiciones de refrigeración (5-7°C) durante 15 meses.

	<i>Q. glabrescens</i>	<i>Q. rugosa</i>
Viables	0 (0)	83 (7.54)
Germinadas	492 (69.30)	597 (54.28)
Podridas	217 (30.56)	330 (30.00)
Deshidratadas	1 (0.14)	90 (8.18)
Suma	710 (100)	1100 (100)

(Los datos son los totales de dos árboles de cada especie; entre paréntesis se presenta el por ciento del número inicial en cada una).

Por lo general las bellotas almacenadas en condiciones de baja temperatura y alta humedad relativa germinan sin problema en los primeros días, lo cual parece ser común en encinos blancos (Gosling, 1989). La alta proporción de bellotas germinadas en almacenamiento en este estudio pudo deberse al relativamente

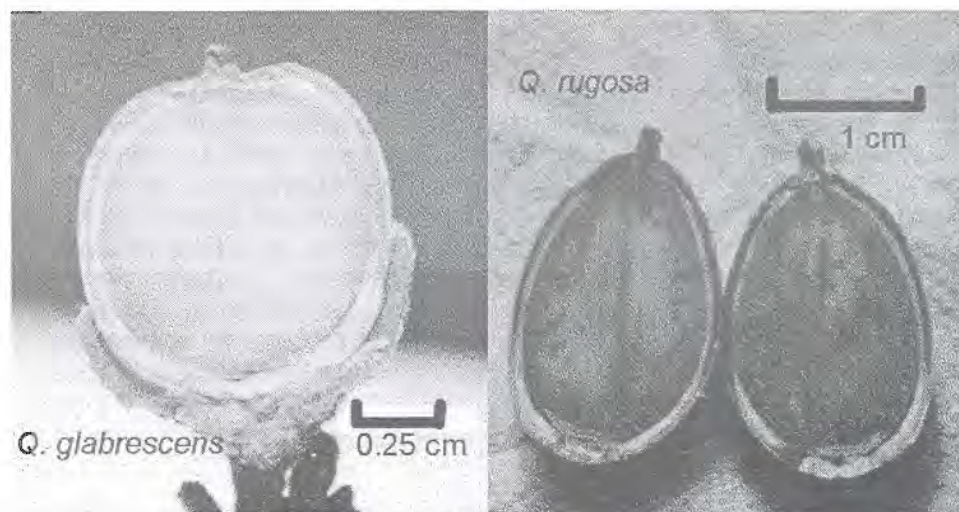


Figura 1. Apariencia física natural de bellotas maduras recientemente recolectadas en corte longitudinal de *Quercus glabrescens* (izquierda) y *Quercus rugosa* (derecha). (Fotografías del autor).

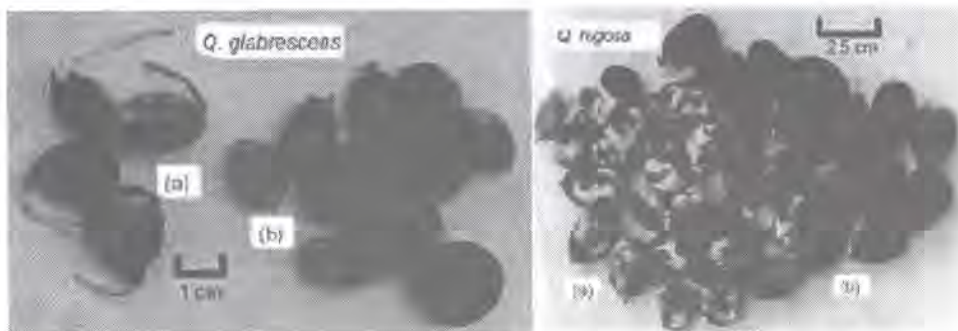


Figura 2. Bellotas maduras de *Quercus glabrescens* a los 12 meses de almacenamiento (a: germinadas; b: sin germinar) y de *Quercus rugosa* a los 7 meses de almacenamiento (a: desechadas por pudrición por hongos; b: re-almacenadas por estar en buenas condiciones). (Fotografías del autor).

elevado contenido de humedad en las bellotas de ambas especies (Bonner, 1978), lo que dificulta la conservación de los ejemplares viables por largo tiempo, lo cual también representa una limitación para el manejo de germoplasma de encinos. Con respecto a las bellotas deshidratadas de *Q. rugosa* (Cuadro 1), Bonner (1978) consigna que es frecuente la pérdida de vapor de agua de semillas almacenadas, lo que provoca que las bellotas mueran por desecación.

La viabilidad de las bellotas disminuyó durante el almacenamiento en ambas especies, con algunas variaciones entre ellas. En *Q. glabrescens* se presentó una acentuada pérdida de esta condición desde el sexto mes (marzo) (Figura 3a), de tal manera que a poco más de seis meses de almacenamiento se registró aproximadamente 50% de bellotas viables. En cambio, las de *Q. rugosa* fueron relativamente constantes en dicha pérdida, a partir del cuarto mes (enero, 2004), pero conserva más de 50% de viabilidad a los ocho meses (Figura 3b). Ambas especies difirieron en bellotas viables a los 15 meses de almacenamiento; *Q. glabrescens* ya no presentó bellotas viables, mientras que *Q. rugosa* aún mostró 7.5% de viabilidad (Cuadro 1). Los resultados obtenidos se diferenciaron de un trabajo anterior (Zavala, 2004), en el cual las bellotas fueron almacenadas en condiciones similares, pero sin aplicación de fungicida. En dicho trabajo se registró un 44% de bellotas germinadas y 34% de bellotas viables a los 11 meses. La viabilidad de bellotas de *Q. rugosa* en ese mismo lapso en esta ocasión fue de poco menos de 30%.

Los datos señalados antes y la Figura 3b sugieren que si se pretendiera conservar bellotas de *Q. rugosa* recolectadas en septiembre (maduración de bellotas) y usarlas para producir planta un tiempo después, por ejemplo, en junio



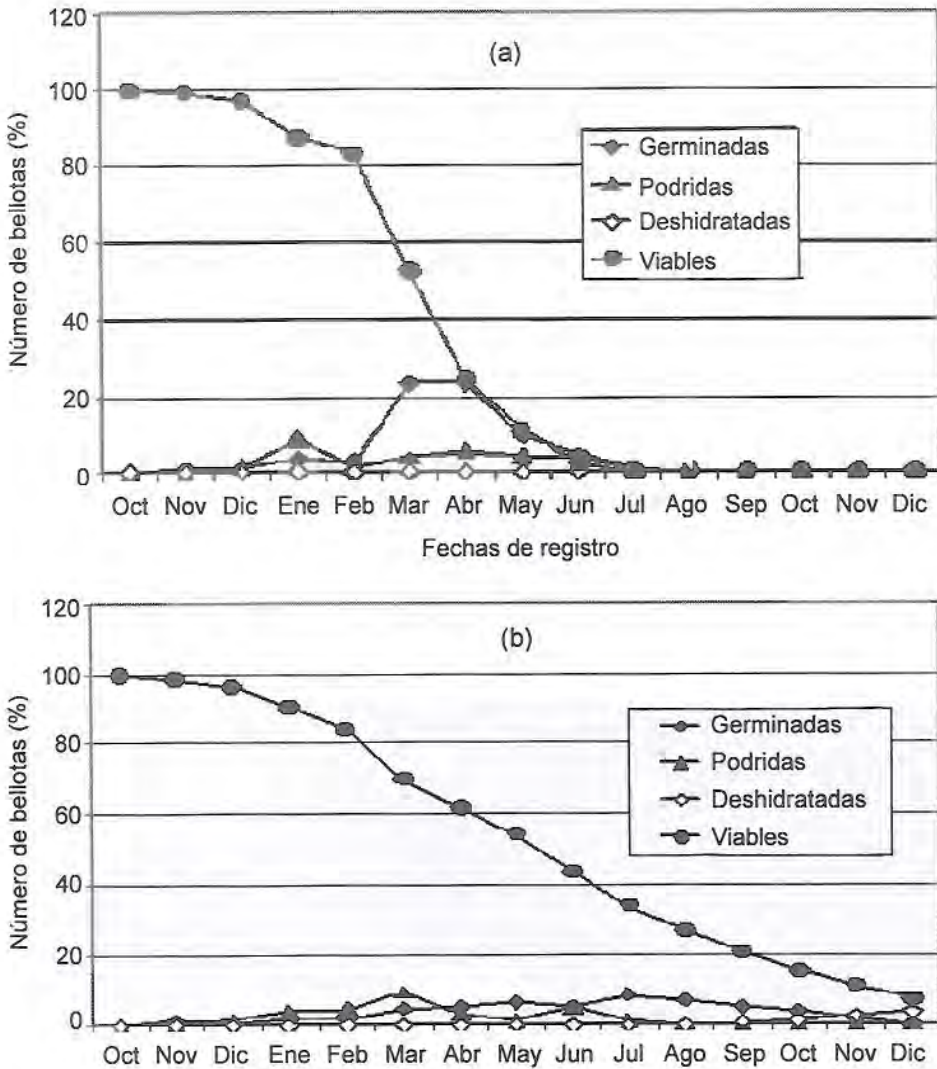


Figura 3. Comportamiento de bellotas de *Q. glabrescens* (a) y *Q. rugosa* (b) en condiciones de almacenamiento durante 15 meses.

(nueve meses después), se sacrificaría más de 50% de bellotas que perderían viabilidad al ser almacenadas ese período. Por otro lado, si se dejara que las bellotas maduras cayeran al piso del bosque para su germinación *in situ*, se requeriría una capa de hojarasca que las cubriera y que el dosel les proveyera

de sombra para evitar la pérdida de su humedad y germinaran (Zavala, 2001b). De incumplirse ambos requerimientos, las bellotas en el piso de un bosque con dosel abierto y sin cobertura, perderían su viabilidad en una o dos semanas, debido a que la germinación de bellotas en condiciones naturales depende de su contenido hídrico (Zavala, 2004). Sin embargo, el comportamiento de bellotas puede diferir entre especies y entre localidades bajo condiciones ambientales diferentes. King y Roberts (1979, citados por Bewley y Black, 1994) lograron mantener la viabilidad de bellotas de *Q. borealis* Michaux de Norteamérica por más de 20 meses con 50% de viabilidad, habiéndolas almacenado a 5°C en latas metálicas selladas.

En este trabajo se registraron algunas peculiaridades. De las 492 bellotas germinadas de *Q. glabrescens* (Cuadro 2), 0.4% presentó doble semilla, 0.4% semilla con doble embrión y 0.2% con triple embrión. El carácter de doble semilla en una bellota se evidenció por la presencia de una testa para cada una (Figura 4a); en el caso de semillas con más de un embrión mostraron una sola testa y más de una radícula emergida de la misma semilla (Figura 4b). Estas peculiaridades también se registraron para *Q. rugosa* del área de estudio (Zavala, 2004), aunque en mayor proporción (5.9% bellotas con doble y 2.7% con triple embrión), lo cual parece ser relativamente frecuente. Estos registros muestran características particulares de bellotas, lo cual sugiere que más de una plántula puede producirse a partir de un solo fruto de manera natural.



Figura 4. Bellotas de *Quercus glabrescens*: semillas germinadas de una bellota (izquierda) y bellotas con varias radículas (derecha).

Es de notar que las características sobre pérdida de humedad, viabilidad y germinación de bellotas de encinos mexicanos han llamado poco la atención de investigadores, lo que ha provocado que dicha información sea extremadamente escasa. Esto dificulta comparar y determinar requerimientos de almacenamiento y acondicionamiento previo de bellotas al nivel de especie, relacionados con la

Cuadro 2. Peculiaridades registradas en algunas bellotas germinadas en este trabajo.

Especie embrión	Bellotas con doble semilla	Semillas con doble embrión	Semillas con triple embrión
<i>Quercus glabrescens</i> (n = 492)	2(0.4%)	2(0.4%)	1(0.2%)
<i>Quercus rugosa</i> (n = 597)	0	0	0

germinación para la producción de planta. Se ha estudiado el comportamiento de bellotas de encinos blancos almacenadas a temperaturas de 2 - 5°C en bolsas de plástico, con lo cual se redujo la pérdida de humedad, pero éste disminuyó más de 20% al cabo de 25 - 30 semanas, reduciéndose la viabilidad (Gosling, 1989). Al respecto, Bonner (1978) sugiere que para mantener bellotas con altos contenidos de humedad debe controlarse cuidadosamente la temperatura, debido a que abajo de 0°C matan las semillas recalcitrantes pero las mayores de 2 - 3°C provocan germinación excesiva de bellotas almacenadas. Esto último explica la razón de reunir altas proporciones de bellotas germinadas en este trabajo.

## CONCLUSIONES

Las bellotas de *Q. glabrescens* perdieron totalmente la viabilidad en julio de 2004 (10 meses después de almacenarse); las de *Q. rugosa* tuvieron 7.5% de viabilidad al cabo de 15 meses de estar confinadas, lo que indica que este material pueden ser almacenado por hasta nueve meses conservando más de 50% de viabilidad, lo que significa más tiempo que *Q. glabrescens* que, por cerca de 6 meses, conserva poco más de este porcentaje. Las dos especies mostraron una sensibilidad semejante a problemas de pudrición generados por almacenamiento y germinaron en similar proporción pero fue mayor cantidad de *Q. glabrescens* en menos tiempo.

## RECOMENDACIONES

Cabe destacar la necesidad de emprender investigaciones más detalladas sobre la repercusión del almacenamiento así como los cambios en el contenido hídrico por el efecto de este factor en la germinación de bellotas en otras especies de encinos mexicanos de las estudiadas en este caso. Los resultados de este trabajo son una colaboración en este contexto para precisar los tiempos de almacenamiento requeridos y conservar la calidad de bellotas de encinos blancos, que, de acuerdo a Young y Young (1992) difieren según la especie.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el apoyo otorgado por la Universidad Autónoma Chapingo, a través del Programa Universitario de Investigación y Servicio en Dasonomía, para la realización de este trabajo (proyecto 03100504).

## REFERENCIAS

- Bewley, J. D. and M. Black. 1994. Seeds physiology o development and germination. 2nd ed. Plenum Press, New York, NY. USA. 445 p.
- Bonner, F. T. 1978. Almacenamiento de semillas de latifolias. Boletín de Recursos Genéticos Forestales 007: 1-16. <http://www.fao.org/docrep/006/1-807s/L1807500.htm>. (2 de marzo de 2007).
- Espinoza de G. R., J. 1979. Fagaceae (*Quercus*). In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I CECSA, México, D. F. pp. 104-114.
- Ferrant, J. M., N. W. Pammenter and P. Berjak. 1988. Recalcitrance – a current assessment. Seed Science and Technology 16: 155-166.
- Gosling, P. G. 1989. The effect of drying *Quercus robur* acorns to different moisture contents, followed by storage, either with or without imbibition. Forestry 62 (1): 41-50.
- Shrader-Frechette, K. S. and E. D. McCoy. 1993. Method in ecology, strategies for conservation. Cambridge, University Press. Cambridge, MA. 328 p.
- Young, J. A. and C. G. Young. 1992. Seed of woody plants in North America. Dioscorides Press, Portland, OR, USA. 407 p.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Inc. New Jersey, NJ. USA. 663 p.
- Zavala Ch., F. 1995. Encinos hidalgüenses. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 133 p.
- Zavala Ch., F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. Polibotánica 8: 47-64.
- Zavala Ch., F. 1999. Variabilidad y riqueza de los encinos de México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5 (2): 113-123.
- Zavala Ch., F. 2000-2001. El fuego y la presencia de encinos. Ciencia Ergo Sum 7 (3): 269-276.
- Zavala Ch., F. 2001a. Líneas de investigación de encinos y romerillos (*Taxus*) de México. In: Zavala Ch., F. (ed.), Memorias del Primer Foro Sobre Avances y Presentación de Líneas de Investigación, 23-25 de enero de 2001. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., México. pp. 13-25.
- Zavala Ch., F. 2001b. Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 98 p.



- Zavala-Chávez, F. 2004. Desección de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia Ergo Sum* 11 (2): 177-185.
- Zavala Ch., F. y E. García M. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 51 p.
- Zavala Ch., F. y E. García M. 1997. Plántulas y rebrotes en la regeneración de encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo. *Agrociencia* 31 (3): 323-329.



# REGENERACIÓN DEL COGOLLO DE *Agave lechuguilla* Torr. DE CINCO PROCEDENCIAS BAJO CULTIVO

David Castillo Quiroz<sup>1</sup>, Carlos Alejandro Berlanga Reyes<sup>1</sup>,  
Marisela Pando Moreno<sup>2</sup> y Antonio Cano Pineda<sup>1</sup>

## RESUMEN

En condiciones naturales, la regeneración del cogollo de lechuguilla (*Agave lechuguilla*) se prolonga hasta 22 meses. Así, los ixtleros que colectan la fibra de lechuguilla de poblaciones silvestres, además de recorrer grandes distancias para acceder al recurso, obtiene un menor rendimiento por año al generado bajo condiciones controladas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la regeneración del cogollo mediante el cultivo de cinco procedencias de lechuguilla, con la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y riego. Se trabajó en el Rancho La Gloria, municipio de General Cepeda en el estado de Coahuila, México, en el período comprendido entre septiembre 2003 a junio de 2004. En la plantación experimental se utilizaron hijuelos de lechuguilla con altura promedio de 35 cm, los cuales fueron plantados en otoño de 2002, iniciándose la aplicación de los tratamientos en otoño de 2003. El experimento se analizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial A X B donde A = cinco procedencias y B = seis tratamientos. No se presentaron diferencias entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), pero sí entre las procedencias, los ejidos Marte y Jaumave resultaron ser los más sobresalientes ( $p \leq 0.05$ ) con longitudes promedio de cogollo de 33 y 32 cm en un lapso de evaluación de diez meses.

**Palabras clave:** *Agave lechuguilla*, cogollos, fertilización, nitrógeno, regeneración, riego.

Fecha de recepción: 02 de mayo de 2005.

Fecha de aceptación: 18 de marzo de 2008.

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Saltillo. Centro de Investigación Regional Noreste, INIFAP. Correo-e: castillo.david@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L.

## ABSTRACT

Under natural conditions, regeneration of *Agave lechuguilla* lasts up to 22 months. Thus, gatherers of lechuguilla's fiber from wild populations, in addition to travel long distances to collect the fiber, obtain a lower annual yield than they could get from these plants if they were under cultivation. The objective of the present study was to assess regeneration of the lechuguilla's cogollo under cultivation for five provenances, applying different levels of nitrogen and irrigation. The experiment was carried out in La Gloria Ranch in General Cepeda, state of Coahuila, Mexico, from September 2003 to June 2004. Young plants (35 cm high) were used to be planted in fall 2002 and fertilization treatments were applied during fall 2003. The experiment was established under a completely randomized design and an A X B factorial arrangement, where A = five provenances and B = six treatments. No differences were found between treatments ( $p \leq 0.05$ ), however, differences were found between provenances. Marte and Jaumave ejidos were outstanding ( $p \leq 0.05$ ) with average lengths of 0.33 and 0.32 m during a 10 months assessment period.

**Key words:** *Agave lechuguilla*, "cogollo", fertilization, nitrogen, regeneration, irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) de la familia agavaceae es la planta más representativa en el desierto Chihuahuense y se desarrolla en las zonas áridas y semiáridas de México y sur de los Estados Unidos. Se distribuye en grandes extensiones del país principalmente en Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Durango y, en menor proporción, en estados del centro de México (Marroquín *et al.*, 1981; Nobel y Quero, 1986). El aprovechamiento de la lechuguilla en el campo ha sido una actividad de subsistencia al correr de los años, así como la principal forma de captación de ingresos económicos para los habitantes de la región ixtlera del país (Berlanga *et al.*, 1992; Pando *et al.*, 2004). La fibra de lechuguilla con fines comerciales de mayor calidad y valor comercial se extrae del cogollo, que está formado por las hojas más tiernas de la planta, agrupadas al centro, y que contienen menos lignina que las hojas laterales (Lozano, 1988; Marroquín *et al.*, 1981; Sheldon 1980; Zárate *et al.*, 1991). La Norma Oficial Mexicana para el aprovechamiento de la lechuguilla (SEMARNAT, 1996) establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de cogollos, entre ellos destaca la longitud del mismo que deberá tener un mínimo de 25 cm. Sin embargo, Berlanga *et al.* (1992) indicaron que un cogollo de lechuguilla está apto para ser cosechado cuando alcanza 30 cm de altura y 2 cm de diámetro medio; una vez que adquiere dichas dimensiones se realiza el corte con una herramienta rústica denominada "cogollera", la cual han usado los recolectores tradicionalmente.

Existen pocos estudios relacionados con el turno de aprovechamiento de lechuguilla. Sheldon (1980) señalaba que la regeneración de un cogollo, una vez realizado el corte, puede variar con la disponibilidad de humedad en el suelo. El mismo autor apunta que con una precipitación abundante, la planta se puede cosechar de nuevo a los seis meses del corte; en cambio en períodos secos puede requerir hasta de un año. Sin embargo, los términos de "precipitación abundante" y "períodos secos" son muy subjetivos y el autor no proporciona cifras concretas, ni datos sobre alguna investigación al respecto. En contraste, Berlanga (1991) y Berlanga *et al.* (1992) reportaron que el turno de aprovechamiento de la lechuguilla en poblaciones naturales puede variar de 14 a 16 meses, mismo que se puede extender hasta 22 meses (Zapién, 1981).

Los estudios realizados por Nobel y Hartsock (1986), Nobel *et al.* (1988) y Nobel *et al.* (1989) sobre la influencia del nitrógeno y otros elementos en las plantas CAM destacaron que el nitrógeno estimula la absorción de CO<sub>2</sub> neto en las plantas con metabolismo CAM. Nobel *et al.* (1988) efectuaron un estudio sobre el efecto de los macroelementos N, P, y K y el microelemento B, en el crecimiento de *Agave lechuguilla*; lo evaluaron en función del despliegue de las hojas de la espina central del cogollo, lo que se logra mediante la aplicación de 100 kg N ha<sup>-1</sup> como sulfato de amonio.

En el contexto de la influencia de humedad en el suelo sobre la especie de interés, Nobel y Quero (1986) confirmaron la importancia de esta variable (400 mm) en la productividad de esta especie y para la mayor parte de las de zonas áridas.

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) Evaluar la velocidad de regeneración del cogollo en plantas bajo cultivo, comparando cinco procedencias de lechuguilla y 2) Determinar el efecto del riego y la fertilización con nitrógeno en la regeneración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Rancho La Gloria ubicado en el municipio de General Cepeda, Coah., Méx., a 25° 23' latitud Norte y 101° 26' longitud Oeste a una altitud de 1,258 m. El experimento se estableció en un área abandonada al cultivo, en una unidad de suelo clasificado como Xerosol (CETENAL, 1977), sin problemas de salinidad, suelo profundo mayor a 1.00 m, de textura media, con un pH de 8.10 y pendiente de 2%.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por García (1973) el tipo de clima se define como un BS<sub>0</sub> h x el cual corresponde a un semiseco con lluvias escasas todo el año, temperatura media anual de 19°C y precipitación promedio anual de 313 mm. Durante este estudio, la precipitación fue considerablemente más alta que el promedio de años anteriores, pues se registraron 542.87 mm en tan sólo diez meses de evaluación del experimento.

Previo al establecimiento de la plantación experimental, se efectuó un barbecho en otoño de 2002, además del levantamiento de los bordos con arado de disco. Así mismo, se realizó un análisis de la fertilidad del suelo del sitio. El 12 agosto de 2003 se iniciaron los tratamientos que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a los cogollos de *Agave lechuguilla* en el ensayo.

Tratamiento	Descripción
T0	Testigo (Sin riego ni fertilización)
T1	100 kg N ha <sup>-1</sup> aplicado como Sulfato de Amonio (NH) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + riego mensual
T2	200 kg N ha <sup>-1</sup> aplicado como Sulfato de Amonio (NH) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + riego mensual
T3	100 kg N ha <sup>-1</sup> , aplicando después del corte el 50% y 50% restantes tres meses después del corte + riego mensual
T4	200 kg N ha <sup>-1</sup> aplicando después del corte 100 kg N ha <sup>-1</sup> y 100 kg N ha <sup>-1</sup> tres meses después del corte + riego mensual
T5	Riego mensual

El fertilizante se colocó a una distancia de 15 cm de la base de la planta y se mezcló con el suelo a una profundidad aproximada de 3 cm.

La selección de las procedencias de lechuguilla se efectuó en función de la calidad de fibra que requiere la industria comercializadora y la disponibilidad del material vegetativo, y todas corresponden al estado de Coahuila. Las procedencias evaluadas fueron La Saucedá, Ramos Arizpe, Ejido Marte, Rancho La Gloria y General Cepeda.

Para el establecimiento de la parcela se utilizaron 15 hijuelos de lechuguilla por tratamiento con una altura promedio del cogollo de 35 cm y con características sobresalientes tales como buena conformación de roseta, cogollo recto y excelente sanidad. La plantación se efectuó en octubre de 2002, en bordos de alrededor de 30 cm de altura, a una distancia de 1.00 m entre ellos y 50 cm entre plantas, de acuerdo a la metodología propuesta por Berlanga *et al.* (1992). Al final, se instaló un sistema de riego por goteo en todos los tratamientos, con excepción del testigo.



En mayo de 2003 se aplicó un riego de auxilio a toda el área experimental y después de diez meses, cuando se consideró bien establecida la plantación, se cortó el cogollo de todas las plantas de lechuguilla con la cogollera para reproducir la forma en que se realiza tradicionalmente esta práctica con la finalidad de uniformizar la plantación y comenzar a evaluar su crecimiento y obtener así su tasa de regeneración.

La supervivencia se midió contando las plantas vivas y se comparó con las que se plantaron inicialmente.

El parámetro de interés fue el crecimiento del cogollo después de la cosecha hasta alcanzar la longitud mínima de 25 cm para realizar el corte de nuevo (turno técnico).

Se hicieron tres lecturas de los incrementos de la altura del cogollo: octubre de 2003, marzo de 2004 y junio de 2004. Los datos se analizaron mediante un paquete estadístico de diseños experimentales (Olivares, 1994) a través de un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (A X B) y tres repeticiones donde A = Procedencias de lechuguilla y B = Tratamientos. Su modelo experimental se define como:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i$  = 1, 2, 3, 4, 5 procedencias

$j$  = 1, 2, 3, 4, 5 dosis de fertilización y riego

$k$  = 1, 2, 3 repeticiones

$Y_{ijk}$  = Variable aleatoria de la  $i$  = ésima procedencia,

la  $j$  = ésima dosis de fertilización y riego y

la  $k$  = ésima repetición.

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto de la procedencia

$B_j$  = Efecto de la fertilización y riego

$AB$  = Efecto conjunto de la  $i$  = ésima procedencia,

la  $j$  = ésima dosis de fertilización y riego y

la  $k$  = ésima repetición.

$\varepsilon_{ij}$  = Error Experimental

## RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las procedencias de lechuguilla (Factor A) debido a la regeneración del cogollo, no así para el factor B (riego y fertilización) ni en la interacción entre los Factores A \* B. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza de la regeneración del cogollo en *Agave lechuguilla* de cinco procedencias bajo cultivo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	4	81562.0	20390.5	7.6961	0.000
Factor B	5	7540.0	1508.0	0.5692	0.726
Interacción	20	40440.0	2022.0	0.7632	0.745
Error	60	158962.0	2649.3666		
Total	89	288504.4			

En el primer registro de datos, a los 75 días después de la aplicación de los tratamientos, el crecimiento del cogollo para las cinco procedencias oscilaba entre 7.95 y 10.73 cm. Jaumave, Paredón y Marte destacan del resto de las procedencias, con una altura promedio del cogollo de 10.73, 10.18 y 9.51 cm respectivamente, mientras que la procedencia Rancho La Gloria fue la que tuvo el menor crecimiento con 7.95 cm (Cuadro 3).

Los resultados muestran que de las cinco procedencias evaluadas en este periodo, en los ejemplares de Jaumave se observó una mayor velocidad de crecimiento, pues 2.50% de las plantas alcanzaron alturas superiores a 25 cm de altura del cogollo, mientras en el resto de las procedencias no se identificó a individuos con alturas iguales o superiores a esa medida, que es la que establece la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 1996) como longitud mínima autorizada para cosechar este recurso.

En la segunda medición, cinco meses después, la tasa de regeneración del cogollo de las cinco procedencias monitoreadas fue muy uniforme, y los incrementos promedio fueron de 10 cm. Destaca nuevamente Jaumave, con altura promedio del cogollo de 22.56 cm, seguido de Paredón y Marte y, por último, La Sauceda y Rancho La Gloria; en el Cuadro 4 se reúnen los resultados de la comparación de medias y la igualdad entre las procedencias probadas.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de las cinco procedencias de *Agave lechuguilla* para el primer período de evaluación.

Tratamiento (procedencias)	Longitud promedio del cogollo
Jaumave	10.73 cm a
Paredón	10.18 cm ab
Marte	9.51 cm bc
La Saucedá	9.27cm c
Rancho La Gloria	7.95 cm d

Prueba de Diferencia Mínima Significativa. Los valores promedio con letra similar indican que son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de las cinco procedencias de *Agave lechuguilla* para el segundo período de evaluación.

Tratamiento (procedencias)	Longitud promedio del cogollo
Jaumave	22.56 cm a
Paredón	20.35 cm b
Marte	20.17 cm b
La Saucedá	17.05 cm c
Rancho La Gloria	17.00 cm c

Prueba de Diferencia Mínima Significativa. Los valores promedio con letra similar indican que son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ).

A siete meses de aplicados los tratamientos, 54.10% de las plantas de la procedencia Jaumave contaban con un cogollo superior a los 25 cm, a diferencia de los ejemplares de las procedencias restantes que no superaban los 15 cm de altura (Cuadro 5).

La Figura 1 ilustra la última medición realizada a los diez meses de la aplicación de los tratamientos, las alturas promedio del cogollo registraron entre 27.68 y 33.12 cm. Se puede apreciar el valor de la desviación estándar (barras

Cuadro 5. Comparación del porcentaje de las plantas de cada procedencia con alturas de cogollo superiores a 25 cm en cada una de las tres mediciones.

Procedencias	Primera medición	Segunda medición	Tercera medición
Jaumave	2.5 %	54.1 %	92.10 %
La Gloria	0 %	5.9 %	80.56 %
La Sauceda	0 %	4.4 %	90.36 %
Marte	0.37 %	11.2 %	91.93 %
Paredón	0.37 %	11.9 %	91.39 %

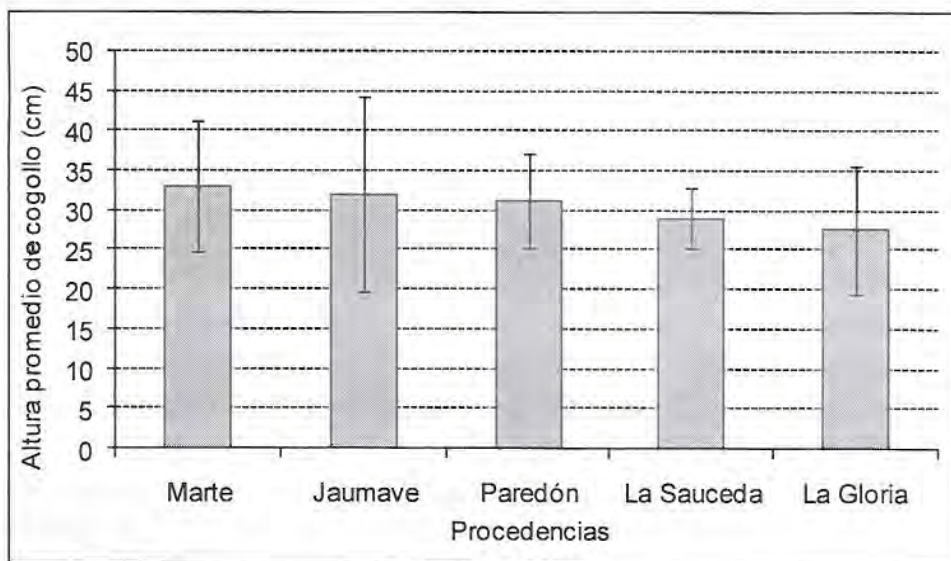


Figura 1. Altura promedio del cogollo de las cinco procedencias de *Agave lechuguilla* después de diez meses de su aprovechamiento en General Cepeda, Coah.

de error) de cada una de las procedencias, lo cual indica la homogeneidad o heterogeneidad de los datos. La prueba de comparación de medias muestra que Ejido Marte, Jaumave, Paredón y La Saucedá son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ), mientras que Rancho La Gloria registró la media de crecimiento del cogollo más baja.

La respuesta de la regeneración del cogollo de cada procedencia fue diferente en las tres épocas de medición; en consecuencia, el crecimiento mensual promedio varió de  $1.5 \text{ cm mes}^{-1}$  a  $4.3 \text{ cm mes}^{-1}$ . En la primera medición, que abarcó finales de verano y parte del otoño (12 de agosto a 24 octubre 2003) se verificaron incrementos promedio entre 3 y  $4 \text{ cm mes}^{-1}$ ; en la segunda evaluación que comprendió finales de otoño y prácticamente todo el invierno (25 de octubre 2003 a 12 de marzo 2004) registró un incremento promedio de  $2 \text{ cm mes}^{-1}$  y en la última etapa durante el invierno y la primavera (13 de marzo a 15 de junio 2004) se obtuvo un incremento mensual estimado de entre  $3.5$  a  $4.3 \text{ cm mes}^{-1}$  (Figura 2).

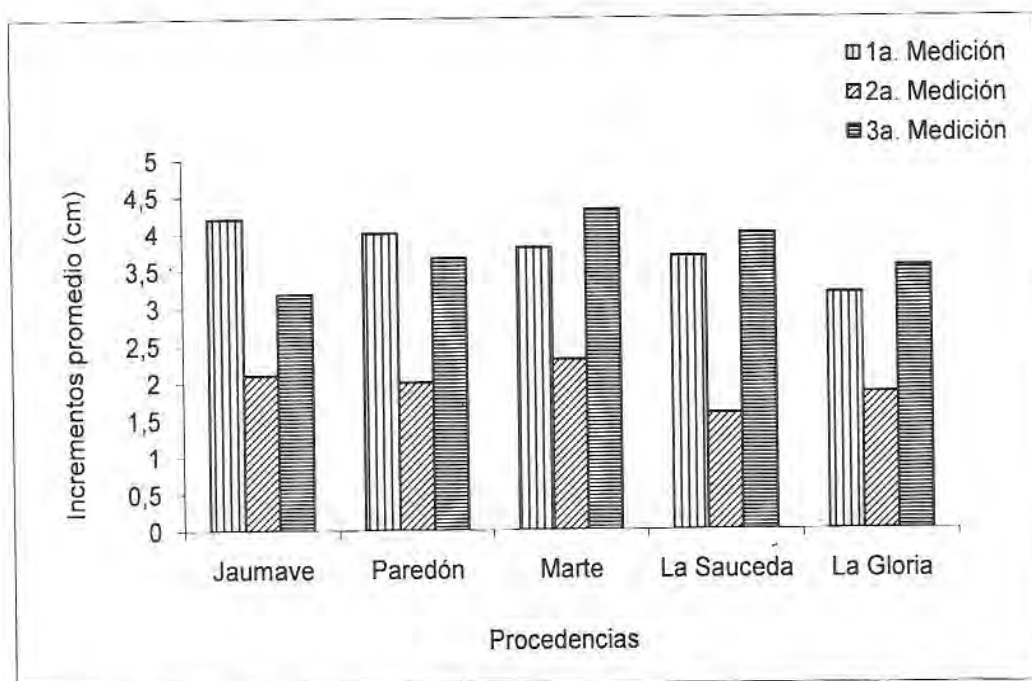


Figura 2. Incremento promedio del cogollo de cinco procedencias de *Agave lechuguilla* en las tres mediciones.

Los resultados anteriores muestran que las procedencias no tuvieron problemas para su establecimiento en el sitio de estudio, ya que todos tienen altos índices de supervivencia durante el periodo de evaluación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de supervivencia de las plantas de las cinco procedencias estudiadas.

Marte	Jaumave	Paredón	La Sauceda	La Gloria
9%	99%	99%	100%	99%

## DISCUSIÓN

La falta de respuesta de las plántulas de *Agave lechuguilla* a los tratamientos de fertilización con nitrógeno y sulfato de amonio se puede atribuir a la alta concentración de nitrógeno disponible en el sitio experimental (209.8 kg N ha<sup>-1</sup>) previo al establecimiento de este ensayo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de la fertilidad de suelos del sitio experimental Rancho La Gloria municipio de General Cepeda, Coahuila.

S	P	Ca	Zn	Cu	Mn	Fe	Mg	K	B	N Inorgánico
PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	ppm
6.54	3.15	545	0.70	0.47	7.06	4.76	160	412	1.88	55.80
Mod.	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Mod. Bajo	Medio	Mod. Alto	209.80 kg Nha <sup>-1</sup> Disponible

La respuesta del riego sobre la regeneración del cogollo no fue significativa, lo que se debió probablemente a la alta precipitación del año 2003, dado que fue un año atípico en relación a la cantidad de lluvias ya que tan solo los primeros tres meses del inicio del experimento cayeron 417 mm de precipitación (Figura 3), cifra que rebasó por mucho a la precipitación promedio anual de 313 mm en años anteriores, presentándose, en consecuencia, una humedad favorable en el suelo del sitio experimental, por lo que la abundante precipitación sobre el testigo y el resto de los tratamientos pudo haber enmascarado la falta de respuesta entre las plantas no irrigadas y el testigo. Esto coincide con los resultados de Nobel y Quero (1986) quienes apuntaron que la disponibilidad de agua en suelo es el factor más importante que determina la productividad de *Agave lechuguilla*.



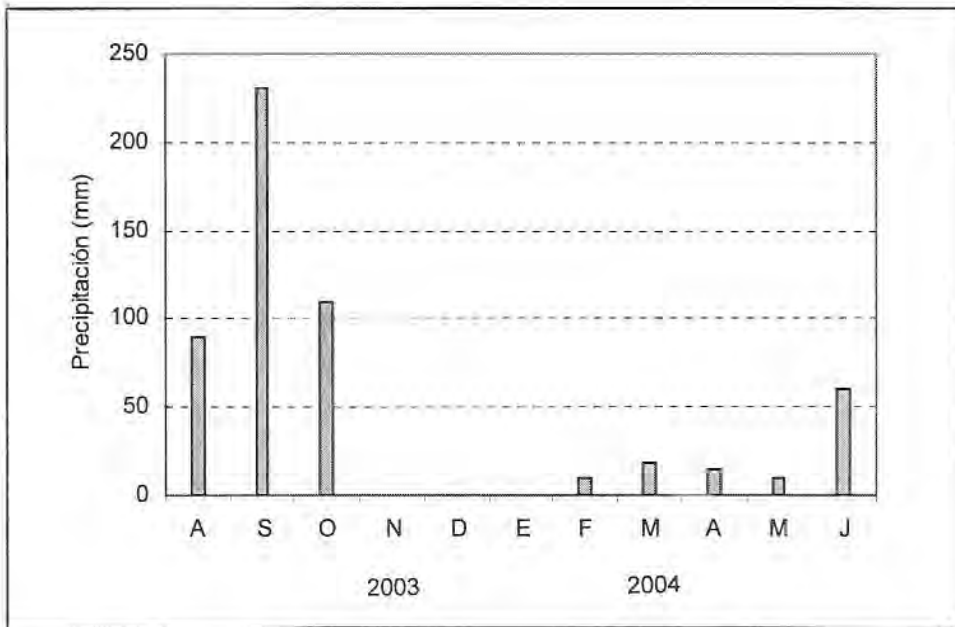


Figura 3. Distribución de la precipitación en el período de evaluación del experimento en El Rancho La Gloria General Cepeda, Coah.

Los datos de regeneración del cogollo aquí reunidos muestran dos períodos en los que se tuvieron los incrementos promedio más altos: verano-otoño (primera medición), y primavera-verano (tercera medición) con incrementos de 3 a 4.3 cm mes<sup>-1</sup>. En la segunda medición (invierno) fue donde se registraron los más reducidos, alrededor de dos centímetros. Las diferencias en los promedios de la longitud del cogollo de lechuguilla registrados en cada medición se debieron a la influencia de la temperatura sobre la productividad de *Agave lechuguilla* (Nobel y Quero, 1986). Dichos autores señalaron que las altas temperaturas durante el verano provocan que la planta tenga la máxima absorción de CO<sub>2</sub> neto; en contraste, en el invierno es significativamente baja, y dado que este compuesto se relaciona en forma directa con el crecimiento de la planta, se podría explicar la variación en la velocidad del mismo de las cinco procedencias evaluadas en las diferentes épocas del año.

Los resultados anteriores sugieren que mediante plantaciones de lechuguilla, se puede acortar el turno técnico de aprovechamiento en forma considerable, logrando que sea entre siete y ocho meses, mientras que en poblaciones naturales el turno puede variar de 14 a 16 meses, o bien, extenderse hasta 22 meses (Berlanga *et al.*, 1991; Pando *et al.*, 2004; Zapién, 1981).

Aún cuando estos resultados indican que las procedencias Jaumave y Paredón experimentaron crecimientos del cogollo estadísticamente iguales, el primero de ellos contaba a los 75 días del corte, con 2.50% de plantas con alturas iguales o superiores a 25 cm, lo cual puede representar una ventaja si se pretende realizar una selección de individuos como progenie para futuras plantaciones, pero en términos de la plantación actual resulta desventajoso el hecho de que no todos los individuos alcancen su condición óptima para corte en un mismo tiempo.

## CONCLUSIONES

La regeneración del cogollo de *Agave lechuguilla* mostró dos épocas con los incrementos promedio más altos: la primavera y el verano, con valores entre 3 y 4.5 cm mes<sup>-1</sup>.

Con el establecimiento y manejo de plantaciones de lechuguilla es posible reducir el turno técnico de aprovechamiento y cosechar cada siete meses.

La mejor procedencia fue Jaumave debido a que presentó mayor velocidad de regeneración.

Por cuestiones de manejo de la plantación, se sugiere que el aprovechamiento de la lechuguilla bajo cultivo se practique en diciembre o enero, para que la planta se pueda cosechar de nuevo según la procedencia entre los siete y ocho meses después del corte.

Se tienen altos índices de supervivencia mediante la metodología descrita de establecimiento y manejo de una plantación de lechuguilla.

Como el año en que se realizó el estudio fue atípico debido a la precipitación ocurrida sobre el sitio experimental, se sugiere una segunda evaluación para tener resultados más precisos sobre el efecto del riego en la tasa de regeneración del cogollo de lechuguilla.

La ausencia de respuesta a la fertilización nitrogenada y al riego durante el primer ciclo de evaluación podría ser una respuesta a la alta cantidad de nitrógeno disponible en el sitio de plantación, la cual inhibió el efecto del fertilizante, así como por las precipitaciones, muy por encima de la media, durante el periodo de estudio.

Este experimento es uno de los pocos trabajos, y quizás el único a la fecha, para plantaciones de lechuguilla, donde se evaluó el turno completo para diferentes procedencias, por lo que contribuye sustancialmente a ampliar el conocimiento de esta especie bajo estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Produce Coahuila, A. C. y al Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR (CONAFOR-2003-C03-10360) por el financiamiento otorgado para la presente investigación. De igual forma se hace un reconocimiento al Ing. Emilio Arizpe Narro (productor cooperante) por facilitar las instalaciones del Rancho La Gloria donde se llevó a cabo parte del trabajo experimental.

## REFERENCIAS

- Berlanga R., C. A. 1991. Producción y recuperación de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en poblaciones naturales. In: III Simposio Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. INIFAP. Saltillo, Coah. México. 78 p.
- Berlanga R., C. A., M. García V. y L. A. González L. 1992. Técnicas para el establecimiento y manejo de una plantación de lechuguilla. Folleto Divulgativo No. 1 SARH- INIFAP- CIRNE. Campo Experimental La Saucedá. Saltillo, Coah. México. 8 p.
- Comisión para el Estudio del Territorio Nacional (CETENAL). 1977. Carta edafológica de los Estados Unidos Mexicanos G-14-C-32. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación de Köeppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana. UNAM. México. 246 p.
- Lozano M., E. 1988. Estudio biométrico de *Agave lechuguilla* Torr. en 7 localidades de Mina, Nuevo León. Tesis Profesional Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L., México. 63 p.
- Marroquín, J. S., G. Borja L., R. Velásquez C. y J. A. de la Cruz C. 1981. Estudio ecológico y edafológico de las zonas áridas del norte de México. Publicación Especial No. 22ª Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S.A.R.H. México, D. F., México. 166 p.
- Nobel, P. S. and T. L. Hartsock. 1986. Influence of nitrogen and nutrients on growth of *Agave deserti* J. Nutrition 9: 1273-1288.
- Nobel, P. S. and E. Quero. 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lechuguilla*. Ecology. 67(1): 1-11.
- Nobel, P. S., E. Quero and H. Linares. 1988. Differential growth responses of agaves to nitrogen, phosphorus, potassium, and boron application. Journal of Plant Nutrition 11(12): 1683-1700.
- Nobel, P. S., E. Quero and H. Linares. 1989. Root versus shoot biomass: responses to water, nitrogen, and phosphorus applications for *Agave lechuguilla*. Bot. Gaz. 150(4): 411- 416.

- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L., México.
- Pando M., M., O. Eufrazio, E. Jurado y E. Estrada. 2004. Post harvest growth of lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) in North-eastern Mexico. *Economic Botany* 58 (1): 78-82
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT). 1996. Norma Oficial Mexicana. NOM-008-RECNAT-1996. <http://www.economia.gob.mx/work/normas/noms/1996/008-recn.doc>
- Sheldon, S. 1980. Ethnobotany of *Agave lechuguilla* and *Yucca carnerosana* in Mexico's Zona Ixtlera. *Economic Botany* 34(4):376-390.
- Zapién, B. M. 1981. Evaluación de la producción de ixtle de lechuguilla en cuatro sitios diferentes. *In*: 1ª. Reunión Regional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Publicación Especial Núm. 31. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH. México, D. F., México. pp. 385-389.
- Zárate L., A., C. A. Berlanga R. y H. Franco L. 1991. Análisis dimensional en lechuguilla. *In*: III Simposio Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. INIFAP. Saltillo, Coah., México. 78 p.

# PROYECCIONES DIAMÉTRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO

Rolando Orozco Contreras<sup>1</sup>, José Ángel Prieto Ruiz<sup>2</sup>  
y José de Jesús Nívar Cháidez<sup>3</sup>

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue simular las distribuciones diamétricas del arbolado de coníferas nativas del centro de Durango, México, mediante la utilización de modelos de incremento y de estructuras diamétricas de árboles extraídos y de árboles remanentes en el bosque. De las relaciones de marqueo y del inventario forestal de 1996 se obtuvo información de tres ejidos de la región de El Salto, Durango. Se modelaron las estructuras diamétricas con la función de densidad probabilística Weibull. A los remanentes se les aplicó un modelo de incremento en función del diámetro normal. La simulación sobre la extracción se concentró en dos formas: 1ª) de la estructura diamétrica aprovechada y descrita en la relación de marqueo y 2ª) la extracción simulada de árboles con diámetros de todas las estructuras diamétricas presentes. Se simularon diferentes intensidades de corta desde 5 hasta 40% de las existencias reales y el modelo converge cuando el volumen permanece constante entre intervenciones. Los resultados indican que de continuar cortándose árboles con las estructuras diamétricas definidas en la relación de marqueo, la distribución de los remanentes tiende a reducir el número de individuos de mayores dimensiones y a aumentar el número de los de menores dimensiones. Esta tendencia es más notoria con intensidades de corta superiores al 20%. Se recomienda aplicar una intensidad de corta del 20 al 25%, con la extracción proporcional de árboles de todas las estructuras diamétricas, lo que define que el tiempo entre intervenciones sería de 18 a 24 años.

**Palabras clave:** Distribución Weibull, crecimiento diamétrico, estructura diamétrica, intensidad de corta, intervenciones, simulación.

Fecha de recepción: 01 de agosto de 2005

Fecha de aceptación: 29 de febrero de 2008

---

<sup>1</sup> Consultor Forestal Privado. Vicente Guerrero, Durango, México. Correo-e: [rolandooc@hotmail.com.mx](mailto:rolandooc@hotmail.com.mx).

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP.

<sup>3</sup> Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Durango.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research study was to simulate diameter structures of native coniferous forests of Central Durango, Mexico with the application of diameter growth models, the diameter structures of standing remnant and harvested trees. From harvesting records and forest inventory we extracted and modeled diameter structures of standing remnant and harvested trees of three ejidos of the El Salto Region of Durango, Mexico. Diameter structures were modeled by the Weibull probability density function. A growth model predicted diameter increment of remaining trees. We simulated two different ways of harvesting trees: a) by simulating what it has been done in the harvesting records and b) by simulating harvesting according and proportional to the present diameter structures of standing trees. Eight different harvesting intensities were simulated, from 5 to 40% of the volume per ha and the simulation was stopped when standing volume remains constant between harvesting operations. The results of these simulations indicate that continued harvesting simulating the previous records would reduce the diameter structure variation on the right hand side and displace the mode to the right hand side of the diameter distribution. This pattern is noted primarily when harvesting is greater than 20% of the standing volume. When harvesting is conducted proportionally to the current diameter structures, longer time, up to 10 years, is required to attain the diameter structures in contrast to when it is harvested according to previous records. Therefore, the recommendation is to harvest trees with an intensity between 20 to 25% proportionally to the present diameter structures and the lag time between harvesting operations should last between 18 to 24 years.

**Key words:** Weibull distribution, diameter growth, diametric structure, cutting intensity, harvesting operations, simulation.

## **INTRODUCCIÓN**

Existe la percepción de que las estructuras de los bosques nativos están siendo modificadas substancialmente por la extracción preferencial de trocería de largas dimensiones. Es posible que esto sea parcialmente cierto en algunas regiones donde la empresa juega un papel importante en la selección del arbolado para satisfacer sus necesidades industriales. Sin embargo, no se debe soslayar que esta práctica contribuye con el 3%, aproximadamente, del PIB del mundo y que algunos países o regiones obtienen mayores ingresos de la actividad forestal que el promedio en general del resto de los sectores de la economía, que proviene, en su mayor parte, del manejo de los bosques nativos (FAO, 2007).

Para entender el impacto que juega la extracción selectiva del arbolado sobre la estructura de las comunidades forestales hacen falta modelos simples pero flexibles. Estas tecnologías que sirven para proyectar variables dasométricas



de los bosques son necesarias en el contexto de la sustentabilidad de los ecosistemas forestales y la potencial modificación estructural de los bosques por las intervenciones antropogénicas. Los modelos de incremento y rendimiento son una continuación de las tablas de producción (Vanclay, 1994; 1995) y existen bastantes técnicas disponibles para modelar el crecimiento en volumen, área basal, densidad, etc. La clasificación de los modelos se hace desde la perspectiva del parámetro a modelar en escalas espaciales, con árboles individuales, grupos de árboles, hasta rodales completos (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994; Peng, 2000).

Los modelos a nivel de rodal requieren de parámetros como área basal, densidad, volumen o incrementos en volumen, área basal, así como cualquier otro parámetro con dimensiones por unidad de superficie. Estos modelos se han probado exitosamente en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del norte de México (Aguirre-Bravo, 1987; Návar *et al.*, 1996; Zepeda-Bautista y Domínguez-Pereda, 1998). Los modelos al nivel del grupo de árboles o de los árboles individuales generalmente proporcionan información del grupo o de cada árbol dentro de un rodal (Shugart, 1984; Wykoff, 1986; Vanclay, 1994). Esta última clase de modelos son flexibles y proporcionan información de fácil interpretación para la sustentabilidad.

En este contexto, los objetivos de esta investigación fueron: a) determinar y modelar las estructuras diamétricas de árboles remanentes en pie, b) proyectar las distribuciones diamétricas en tiempo, con simulaciones en b.1) la intensidad de corta, b.2) las restricciones en las dimensiones diamétricas de los árboles a extraer en bosques nativos del centro de Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.- Esta investigación se desarrolló en tres ejidos forestales manejados por la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 6, UCODEFO No. 6, de la Sierra Madre Occidental de Durango, México (Figura 1), que fueron: a) La Ciudad, b) La Victoria y c) Pueblo Nuevo, cuya representación en el abastecimiento de la trocería para la derivación de los diferentes productos forestales es la de mayor envergadura en la región de estudio (con un volumen autorizado de 178,435 m<sup>3</sup> rta del género *Pinus* y 91,381 del género *Quercus*) (Plan de Manejo Forestal, 1996-2005).

Los ejidos estudiados se localizan en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, en la región sur occidental del estado; ocupan áreas forestales importantes de la Sierra Madre Occidental, sobre todo en la porción central del mismo. Las coordenadas donde se ubica son 105°36'19"W y 105°51'48"W y 24°19'05"N y 24°30'16"N, con altitudes que varían de los 2000 a los 2900 msnm.

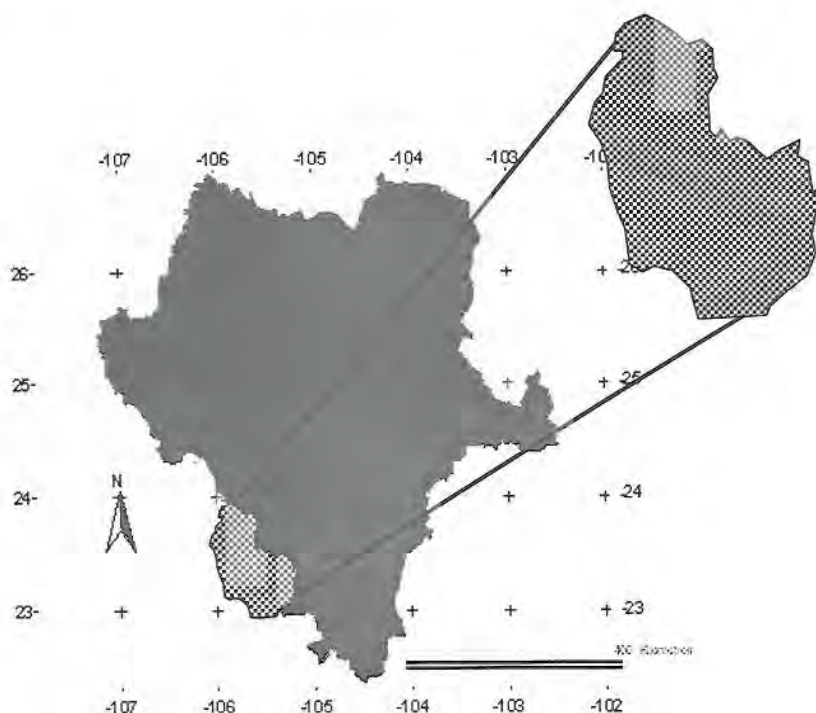


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México

La superficie total del estado de Durango rebasa los 12 millones de ha, de las cuales cerca de 55% está representada por bosques. Los bosques de coníferas ocupan 1,589,306 ha, los de coníferas y latifoliadas 2,115,140 ha y los de latifoliadas 1,284,955 ha; 41% de la superficie es comunal, 35% es de propiedad ejidal y el restante 24% es particular (SEMARNAT, 2000).

La producción forestal de la entidad en el período comprendido de 1980 a 1990 y de 1991 al 2000 se mantuvo por el orden promedio de 2 Mm<sup>3</sup> rta, siendo los años 1987 a 1989 donde se registraron los mayores volúmenes de producción (2.743 Mm<sup>3</sup> rta). El balance total de la capacidad instalada y la capacidad utilizada de la industria forestal de Durango en el año 2000 era de 4,396,620 m<sup>3</sup> y 3,236,242 m<sup>3</sup>, respectivamente. Existe un total de 442 empresas forestales, con 193 aserraderos, 11 fábricas de chapas y triplay, dos fábricas de tableros, 230 fábricas de cajas, cuatro empresas de impregnación y dos fábricas de celulosa;

lo que le permite a Durango ser el estado con mayor producción forestal nacional con 30.70%, así como un valor de la producción forestal maderable total en miles de pesos del orden de \$ 1,502,192.00 (AIFDAC, 2000).

El área donde se ubican las principales comunidades forestales se caracteriza por un clima frío templado, con precipitación y temperatura promedio anual entre 900 y 1200 mm y de 10 a 15°C, respectivamente. Los principales tipos de vegetación son los bosques templados mixtos, con bosques de encino en las partes bajas (< 2300 msnm), con bosques de pino-encino en las estribaciones medias y finalmente con los bosques de pino por arriba de los 2600 msnm. Los suelos donde se desarrollan las comunidades forestales varían desde los típicos Litosoles pasando por los Regosoles y hasta algunas Rendzinas, con altos contenidos de materia orgánica (Gobierno del Estado de Durango, 2005).

Trabajo de gabinete.- Se obtuvieron las relaciones de marqueo del arbolado de los años 2002 y 2003 que corresponden a las anualidades 6a y 7a del plan de manejo forestal vigente de los ejidos Pueblo Nuevo, La Victoria y La Ciudad. En conjunto, estos ejidos aportan 270,000 m<sup>3</sup> por año de trocería, que equivale a más del 10% de la extracción anual del estado de Durango. Los datos del inventario forestal para diez ejidos de la región de El Salto estuvieron disponibles para el modelaje de la distribución diamétrica de los árboles en pie. Los datos utilizados del inventario fueron levantados durante 1996 y los de marqueo de las anualidades corresponden al plan de corta vigente con este inventario. Con los datos de los diámetros del inventario y de las relaciones de marqueo del arbolado se ajustó la distribución probabilística Weibull por el método de momentos, descrito por Nívar-Cháidez y Contreras-Aviña (2000). La función de densidad y la función de distribución del modelo probabilístico Weibull están dadas por las ecuaciones 1 y 2, respectivamente (Vanclay, 1994), como sigue:

$$p_X(X) = \left( \frac{\alpha}{\beta} \right) \left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^\alpha} \quad [1]$$

$$P_X(x \leq X) = 1 - e^{-\left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^\alpha} \quad [2]$$

Donde:

$p_X(x)$ ,  $P_X(x \leq X)$  = probabilidad de la variable aleatoria diámetro,

$\alpha$  = parámetro forma de la distribución Weibull

$\beta$  = parámetro escala de la distribución Weibull

$\varepsilon$  = parámetro posición de la distribución Weibull

$x$  = variable aleatoria diámetro

Los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\varepsilon$  se estimaron iterativamente por el procedimiento de momentos convencionales descritos por Hahn and Shapiro (1967) y reportados por Návar-Cháidez y Contreras-Aviña (2000), mediante los cuales el parámetro de forma se relaciona con el parámetro de sesgo en la ecuación 3:

$$\gamma = \frac{\Gamma(1+3/\alpha) - 3\Gamma(+2/\alpha)\Gamma(+1/\alpha) + 2\Gamma^3(1+1/\alpha)}{[\Gamma(+2/\alpha) - \Gamma^2(1+1/\alpha)]^{3/2}} \quad [3]$$

El parámetro de forma se ajusta iterativamente por la solución de la ecuación 3 para posteriormente resolver por los parámetros de escala y posición, como sigue:

$$\beta = \left[ \frac{\sigma^2}{\Gamma(1+2/\alpha) - \Gamma^2(1+1/\alpha)} \right]^{1/2} \quad [4]$$

$$\varepsilon = \mu - \beta\Gamma(1+1/\alpha) \quad [5]$$

Donde:

$\mu$  = promedio de la variable aleatoria

$\sigma$  = desviación estándar de la variable aleatoria

$\Gamma(x)$  = función gamma.

Las distribuciones probabilísticas del inventario y de la relación de marcate se presentan en la Figura 2.

Los parámetros de forma, escala y posición tuvieron valores diferentes para ambos casos  $\alpha = 1.6$ ,  $\beta = 26.3$  y  $\varepsilon = 12.1$  para los datos del inventario y  $\alpha = 4.72$ ,  $\beta = 37.49$  y  $\varepsilon = -11.06$  para los datos de la relación de marcateo del arbolado. Es notoria la distribución sesgada del inventario y la distribución casi normal del marcateo de árboles, como se describe en la Figura 2 ó con el parámetro de forma de las distribuciones.

El modelo de crecimiento en diámetro de Chapman - Richards que fue derivado de análisis troncales por Corral y Návar (2005) para la especie *P. durangensis* se presenta en la Figura 3. El modelo fue ajustado para predecir el crecimiento en diámetro con corteza para cumplir con este parámetro a través de la ecuación del cálculo de la corteza reportado por Contreras y Návar Cháidez (2002):



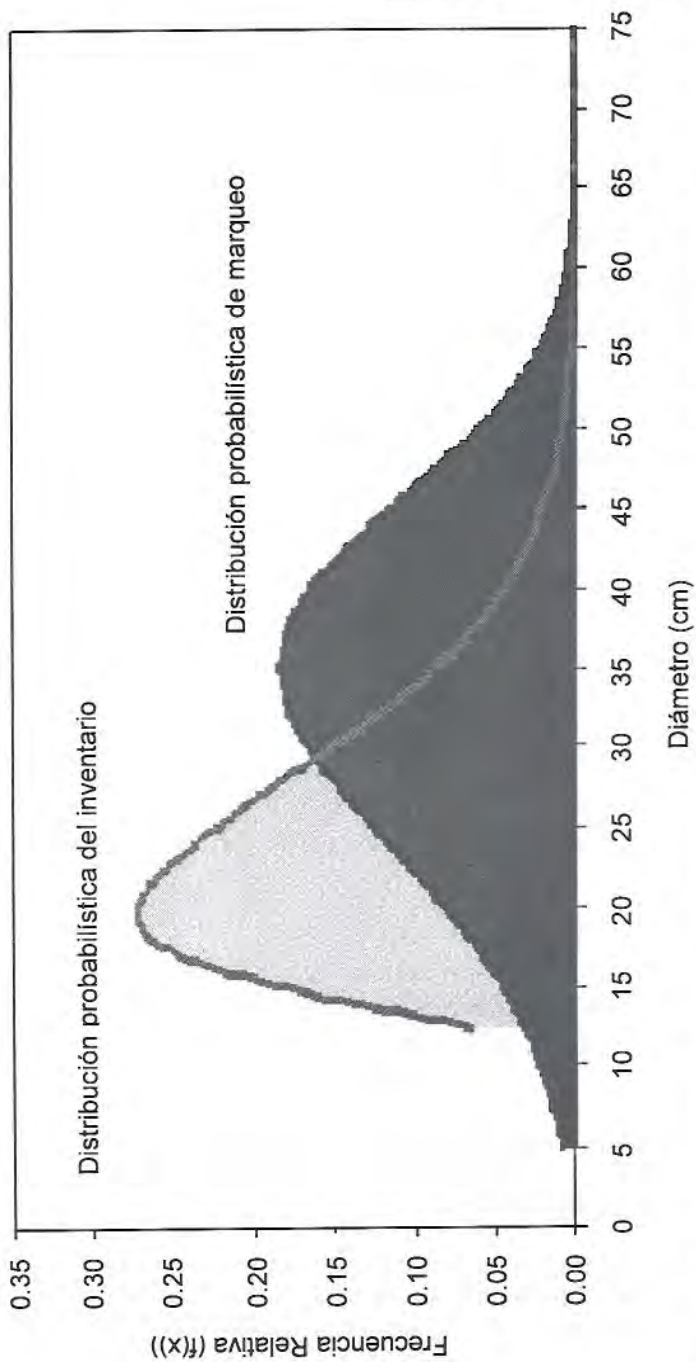


Figura 2. Las distribuciones probabilísticas diamétricas modeladas por la función Weibull para datos provenientes del inventario y de las relaciones de marcado de árboles.

$$GC = D \cdot \exp^{(-3.58632 - 0.64518 \cdot \ln(h_i))} \quad [6]$$

Donde:

GC = grosor de corteza,

Ln = logaritmo natural

D = diámetro normal

hi = altura relativa i del árbol.

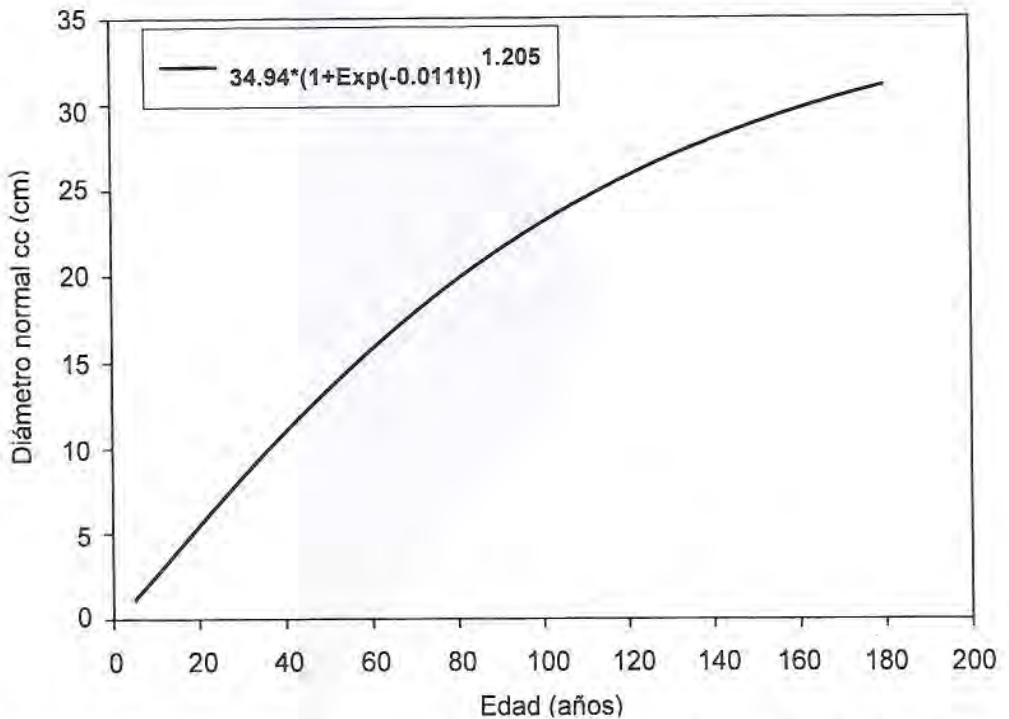


Figura 3. El crecimiento en diámetro para *P. durangensis* proveniente de análisis troncales de un conjunto de árboles de la Sierra Madre Occidental del centro de Durango, México.

De los datos de crecimiento en diámetro con corteza de la Figura 3 se derivó el modelo de incremento en diámetro por unidad de diámetro normal. Este modelo se presenta en la Figura 4, con el ajuste de la función matemática de Weibull de cuatro parámetros.



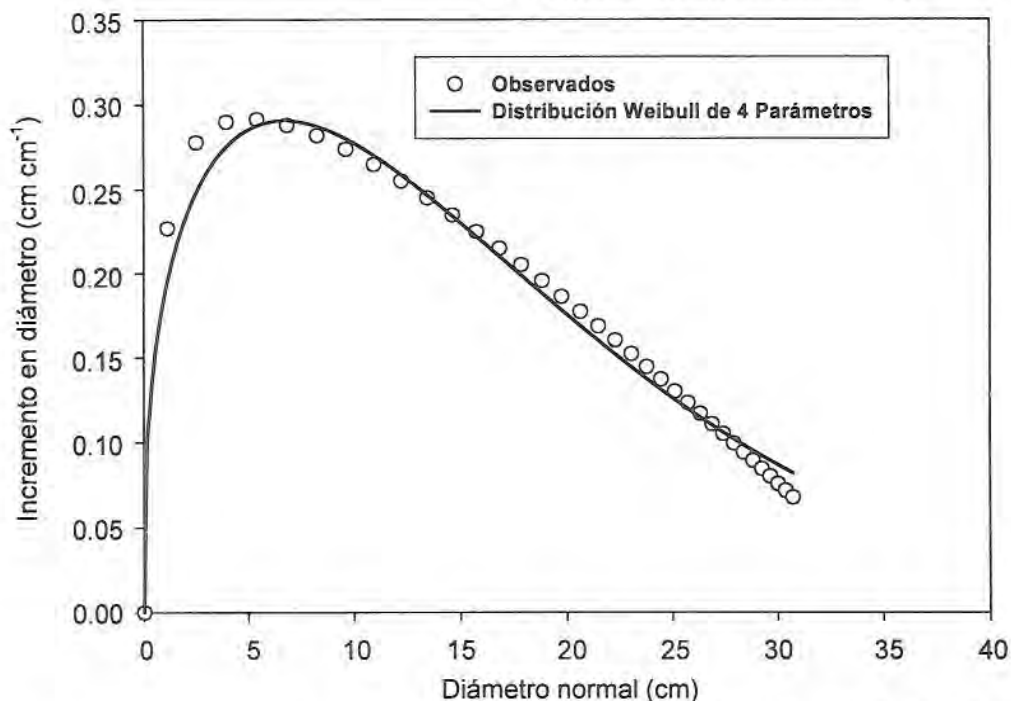


Figura 4. El modelo de incremento en diámetro en función del diámetro observado para *P. durangensis* de la Sierra Madre Occidental del centro de Durango, México.

La función Weibull de cuatro parámetros se describe a continuación en el modelo 7:

$$\frac{\partial D}{\partial t}(D) = a \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1-c}{c}} \left| \frac{D-D_0}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right|^{c-1} \cdot \exp \left| \frac{D-D_0}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right| + \frac{c-1}{c} \quad [7]$$

Donde:

$\partial D$  = Incremento en diámetro en función del tiempo

$\partial t, D$  = diámetro normal

$a$  = parámetro del modelo

$b$  = parámetro del modelo

$c$  = parámetro del modelo

$D_0$  = parámetro del modelo

Los valores estimados por la técnica de cuadrados mínimos en regresión no lineal fueron  $a = 0.29$ ,  $b = 17.97$ ,  $c = 1.36$  y  $Do = 6.72$ . Este modelo explica 98% de la variación en el incremento en diámetro en función del mismo y posee las características adicionales de que nace del origen, alcanza un máximo y decae para alcanzar un tipo de asíntota o casi constante al final del crecimiento.

La información anterior fue suficiente para proyectar las estructuras diamétricas en tiempo, incluyendo la corta de árboles extraídos y el crecimiento de los árboles remanentes con el procedimiento que se describe a continuación. Inicialmente se tomó una parcela tipo de los datos del inventario. Con el número total de árboles por hectárea, se estima el número de árboles por clase diamétrica presentes en el bosque con la ecuación 1, en la que se utilizan los parámetros de forma, escala y posición del inventario forestal. De igual manera, con el número de árboles extraídos totales, se obtiene el número de árboles extraídos por clase diamétrica con los parámetros de la relación de marqueo (Figura 2).

Se simula también la corta de árboles con diámetros proporcionales a la estructura diamétrica presente en el bosque. En la estimación del número de árboles por clase diamétrica se consideraron 570 árboles por hectárea, que proviene de los datos del inventario de los diez ejidos. Se estima la altura por el diámetro y con estos datos se estiman la altura total y el volumen del fuste con las ecuaciones siguientes:

$$H = -7.77 + 10.28 \cdot \ln(D) \quad [8]$$

$$V = -0.075 + 0.3436 \cdot D + 0.3669 \cdot D^2 H + 2.4563 \cdot D^2 - 0.00032 \cdot DH^2 \quad [9]$$

Donde:

$H$  = altura total,

$D$  = diámetro normal,

$V$  = volumen

Los números representan los coeficientes de los parámetros estadísticos.

La información del número de árboles por hectárea, el número de árboles por categoría diamétrica, la relación diámetro-altura y la ecuación de volumen se utiliza para estimar las existencias reales por hectárea (ERTHa), que es inicialmente de  $455 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Se aplicó una intensidad de corta variante de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40% de las ERTHa. Se proyectó el crecimiento en diámetro de los árboles remanentes hasta alcanzar las ERTHa y se obtiene el número de años hasta alcanzar este volumen similar al volumen inicial. Una vez que el modelo converge en el volumen original, se obtienen las distribuciones diamétricas de los

árboles remanentes después de haber crecido durante el periodo de descanso. El modelo no incluye el reclutamiento de árboles durante la corrida, porque no existe información disponible para incluir esta variable. El modelo resulta, entonces, parcialmente sesgado en el tiempo que tarda en recuperar su volumen, pero no tanto en las distribuciones diamétricas después de que las existencias convergen, porque el reclutamiento hace que la distribución se sesgue todavía más hacia la izquierda de las clases diamétricas.

Estas simulaciones aportan información útil en bosques en los que el reclutamiento es bajo o nulo, o en rodales donde este es importante; el mensaje central es sobre la discusión de las estructuras diamétricas. A pesar de estos inconvenientes se prosiguió con la simulación para observar como centro, las estructuras de los árboles de mayores dimensiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de árboles derribados por hectárea para completar la intensidad de corta y en función de esta misma variable se ilustra en la Figura 5.

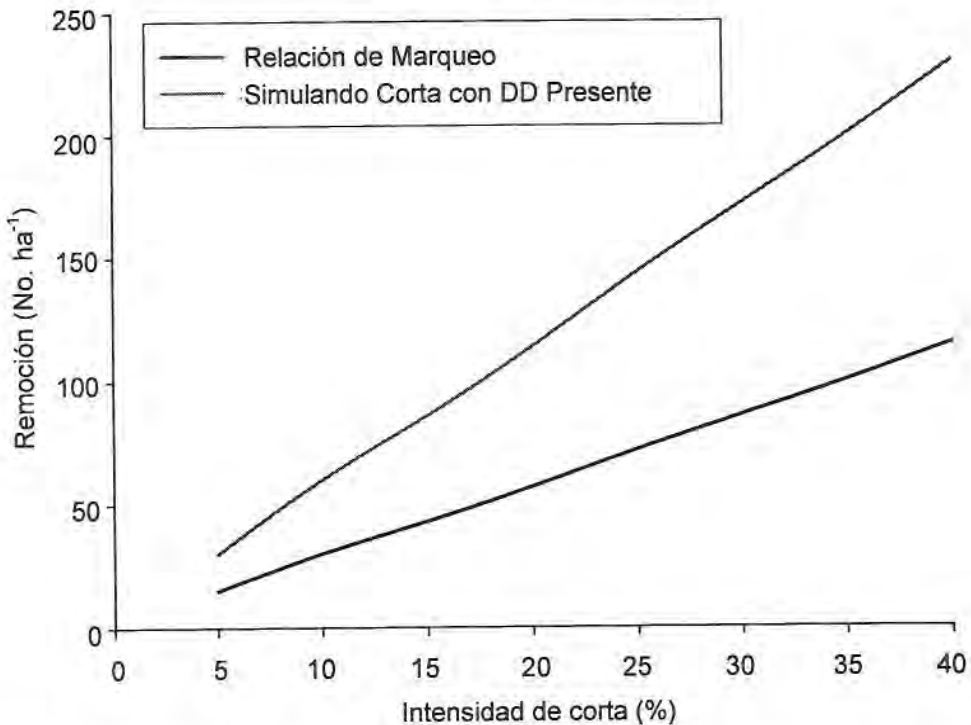


Figura 5. Remoción de árboles por hectárea en función de la intensidad de corta proporciona las existencias reales totales por hectárea.

El número de árboles removidos crece a una tasa de 2.86 individuos por punto porcentual de remoción de la intensidad de corta cuando se aplica una corta similar a la relación de marqueo del arbolado extraído. Esta tendencia se duplica cuando se eliminan árboles de forma proporcional a la estructura diamétrica presente, lo cual sucede porque en la relación de marqueo se retira a los árboles más gruesos y, en consecuencia, se requiere un menor número de árboles para completar la intensidad de corta señalada. La tasa de árboles removidos es similar en este caso a la tasa de remoción en volumen. Cuando se extraen árboles respecto a los registros de marqueo, la tasa del número de árboles extraídos es la mitad de la tasa de remoción en volumen.

El tiempo necesario para alcanzar las ERTHa iniciales una vez aplicada la intervención, se ilustra en la Figura 6.

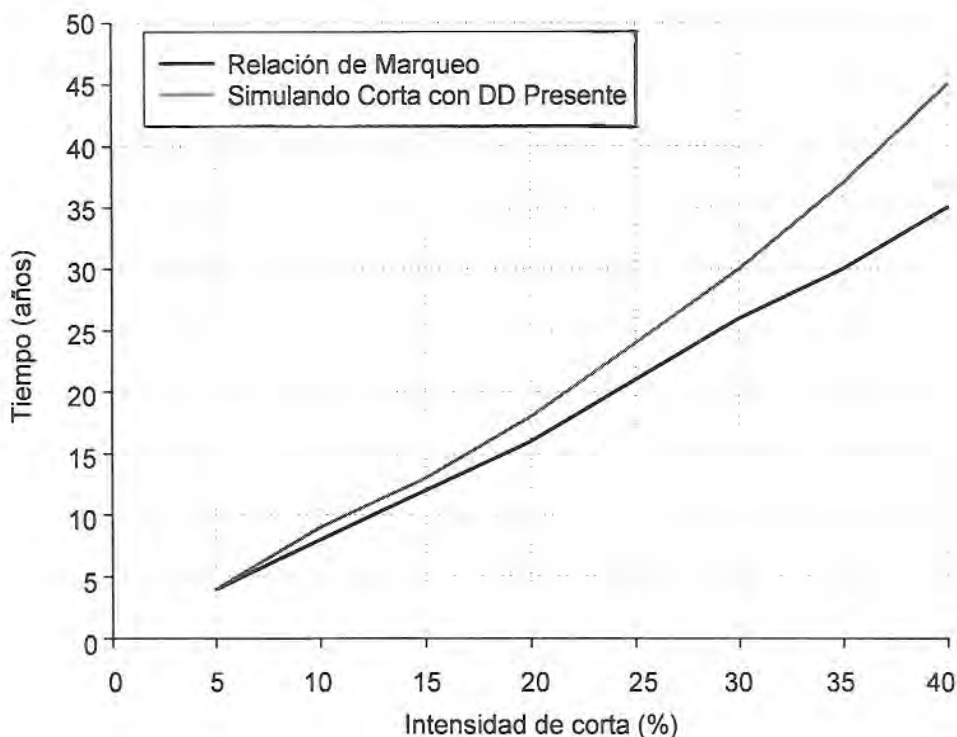


Figura 6. El tiempo necesario para alcanzar las existencias reales por hectárea durante el periodo de descanso, una vez aplicada la intensidad de corta correspondiente.

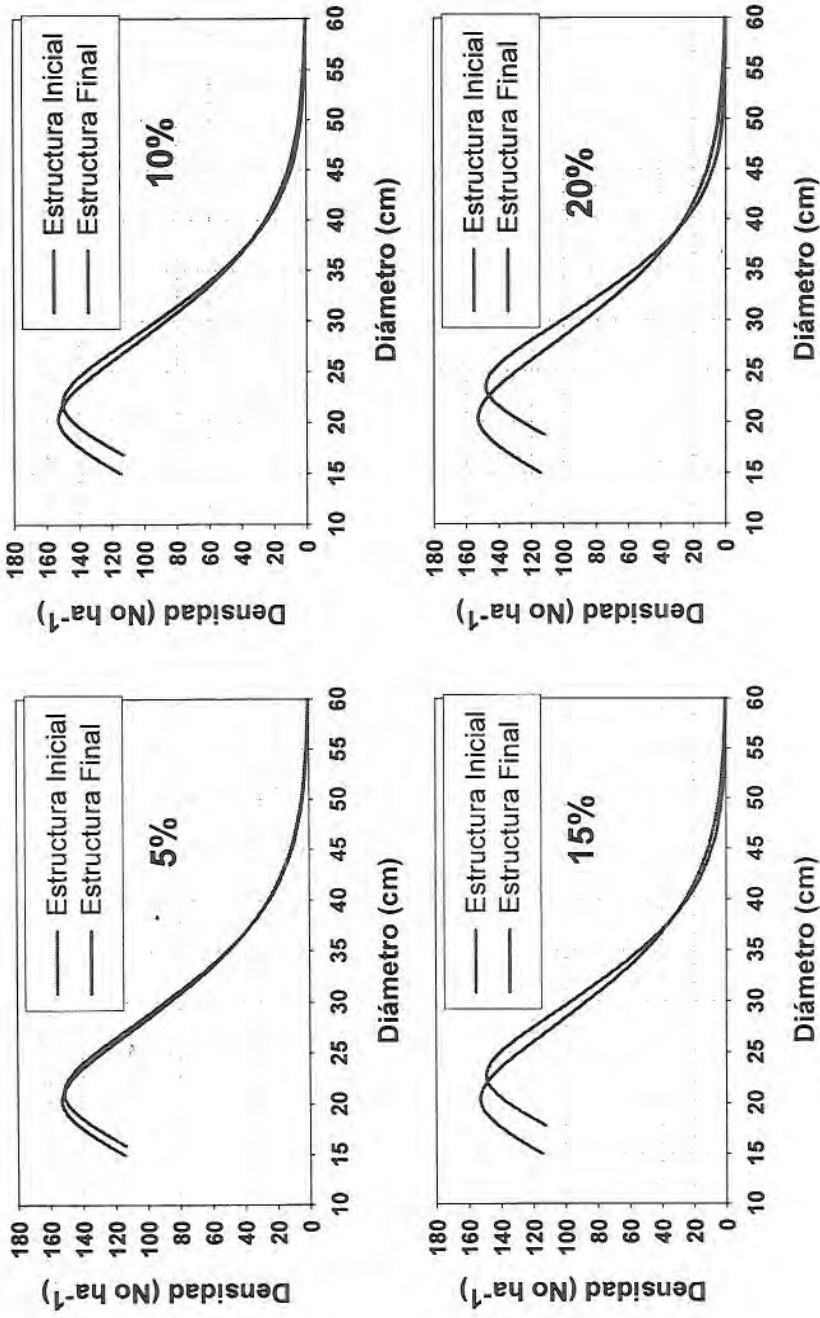
El tiempo aumenta casi linealmente cuando se extraen árboles en función de la relación de marcaeo del arbolado y de modo curvilíneo cuando se cosechan árboles de modo proporcional en función de la estructura diamétrica presente. Se observa que si la intensidad de corta es de 40%, se debe dejar descansar al bosque de 35 a 45 años para que las ERTHa regresen a sus valores iniciales. Si la intensidad de corta es de 20%, se requiere un lapso de entre 16 y 18 años para lograr lo mismo, para corta en relación con marcaeo del arbolado y en relación con clases diamétricas presentes, respectivamente. Es decir, cuando se extraen árboles en función a la relación de marcaeo se requiere menos tiempo para alcanzar las ERTHa porque se trata de los árboles de mayores dimensiones, que crecen menos en diámetro y se dejan en pie aquellos con menores dimensiones, los cuales crecen diamétricamente a una tasa mayor en tiempo.

Las estructuras diamétricas de los árboles remanentes después de haber dejado descansar el bosque entre intervenciones, con las diferentes intensidades de corta para cuando se extraen con las relaciones de marcaeo del arbolado, se muestran en la Figura 6.

Es claro que las estructuras diamétricas se modifican con la intensidad de corta cuando se extraen árboles por las relaciones de marcaeo, lo que no ocurre si se sigue la distribución diamétrica presente. Por lo general, a medida que se incrementa la intensidad de corta, desaparecen los árboles de mayores dimensiones (>40 cm). Se verifica una densidad mayor de arbolado con dimensiones diamétricas promedio o modales y en una mayor proporción si se incluyera el reclutamiento en este modelaje. Es decir, en general, la distribución proyecta una menor variación (un menor valor en el factor de escala de los parámetros de la distribución Weibull), con la moda desplazada hacia la derecha de la distribución. En caso de existir reclutamiento importante en los bosques estudiados en los períodos entre intervenciones, es posible que éste se presente para dar una mayor altura a la moda de la distribución y tal vez en ocasiones se manifieste como una nueva onda de árboles creciendo, dando otra moda en las clases diamétricas menores.

Los árboles extraídos proporcionan productos forestales para satisfacer las demandas de la industria del aserrío preferencialmente, pero se da también certidumbre en el corto plazo a la dedicada a los productos de madera de largas dimensiones (postes, triplay y estructuras). Sin embargo, cambios en las estructuras diamétricas por intervención del hombre y en forma natural se han documentado en numerosos reportes de investigación para un sinnúmero de bosques (Hiura y Fujiwara, 1999; Ishi *et al.*, 2004).

Se observa que la condición inicial de las estructuras diamétricas, el tipo y magnitud de la intervención y el tiempo de recuperación son los factores mas importantes en el disturbio (Hiura y Fujiwara, 1999). De seguir cortando árboles selectivamente para satisfacer la industria actual, podrían verificarse



Continúa Figura 6...



Figura 6 continuación...

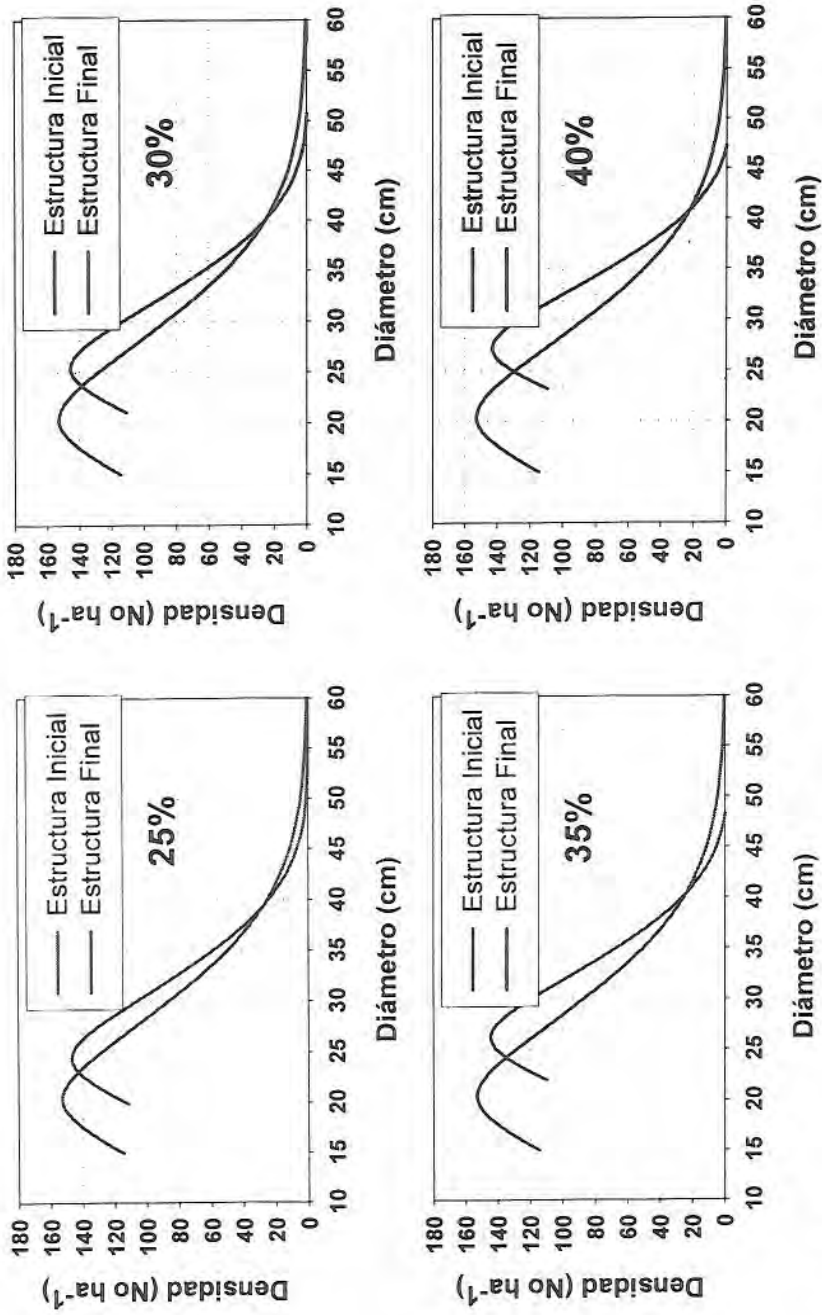


Figura 6. Estructuras diamétricas después de alcanzar las ERTHa originales cuando se cortan árboles con las relaciones de marcado del arbolado extraído.

las siguientes implicaciones: a) cambios en las distribuciones hacia arbolado de menores dimensiones diamétricas, con una consecuente reducción en la heterogeneidad de clases diamétricas, b) reducción o eliminación de los árboles de mayores dimensiones en tiempo, c) cambios notorios en los productos derivados de los árboles extraídos en tiempo, d) cambios importantes en la economía derivada de los productos forestales extraídos en condiciones convencionales.

Los escenarios de manejo sustentable de bosques naturales templados mixtos de las partes altas de las Sierras Madre son simples pero a la vez complejos al llevarlos a la práctica. Para alcanzar niveles de productividad óptimos, que sirvan como base de una gran diversidad biológica, la estructura de los bosques debe conservarse lo más heterogénea en el mayor tiempo posible (Huston, 1994; Hiura y Fujiwara, 1999). Se han reportado mayores niveles de productividad en bosques heterogéneos que en bosques simples y la diversidad biológica que soportan es mayor en bosques naturales del noroeste de los Estados Unidos y parecen ser actualmente los diseños del manejo estratégico de bosques naturales a mediano y largo plazo. Los bosques domesticados, que simulan sistemas agrícolas simples, son útiles para cumplir con los objetivos de aumentar la productividad en el corto plazo y se emplean exitosamente en plantaciones forestales convencionales, pero para bosques naturales, estos sistemas no parecen funcionar adecuadamente (Ishi *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las intensidades de corta entre el 20 y 25% de las ERTHa de los bosques de la región de El Salto muestran una recuperación del volumen y las estructuras diamétricas en un período de 17 a 24 años. Este es el período de descanso que deberían tener los bosques entre intervenciones. Si se considera el reclutamiento, eventualmente este tiempo disminuye y depende de la cantidad de árboles reclutados durante el período, pero es muy probable que este lapso no disminuya más de 30% (5-7 años) del estimado. Cuando se aplican intensidades de corta mayores a este porcentaje o se disminuye el tiempo entre intervenciones, se reduce la posibilidad de encontrar árboles con clases diamétricas de mayores dimensiones en la siguiente rotación y así consecutivamente hasta posiblemente dejar el bosque en descanso, aunque se recuperen sus existencias reales.

La reducción de las estructuras diamétricas en subsecuentes rotaciones afecta a la industria que requiere de trocería de grandes dimensiones como es la triplayera, de postes y de estructuras (Dávalos *et al.*, 1976). También afecta a la fauna que necesita de este tipo de nicho dentro de su hábitat. Por esta razón, se recomienda extraer arbolado de forma proporcional a las estructuras diamétricas, con intensidades de corta que no sobrepasen el 25% de las existencias reales presentes. La siguiente rotación en promedio tendrá una duración entre 20 y 25

años para recuperar la condición original en volumen y en estructura. Esta condición da certidumbre en el mediano plazo a la industria del aserrío, triplay, postes y estructuras, aunque estas últimas tenderán a reducir el número o la producción total.

Es claro, sin embargo, que las proyecciones diamétricas son sensibles a los parámetros del modelo de crecimiento en diámetro, a la intensidad de corta y a las existencias reales existentes. Trabajos adicionales donde se investigue la variación en estos valores son fundamentales para el entendimiento de la dinámica de crecimiento y los efectos de las intervenciones humanas a partir de la extracción.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al financiamiento otorgado por el Fondo CONACYT-CONAFOR, fue posible realizar el proyecto de investigación No. C01 6030, que dio origen al presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Asociación de Industriales Forestales de Durango A. C. (AIFDAC). 2004. Durango, sus bosques y su industria en cifras. Durango, México. pp. 2-28.
- Aguirre-Bravo, C. 1987. Stand average and diameter distribution growth and yield models for natural even-aged stands of *Pinus cooperii*. Ph.D. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins, CO, USA. 134 p.
- Clutter, J. L., J. C. Forston, L. Pienaar, G. H. Brister and R. L. Bailey. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, Co. New York, NY. USA. 333 p.
- Contreras A., J. C. y J. de J. Nívar Cháidez. 2002. Ecuaciones aditivas para estimar componentes de volumen para *Pinus teocote* Schl. de Durango, México. Ciencia Forestal en México. Vol. 27 (91): 67-82.
- Corral R., S. y J. J. Nívar Ch. 2005. Análisis del crecimiento e incremento de cinco pináceas de los bosques de Durango, México. Madera y Bosques 11(1): 29-47.
- Dávalos, S. R., F. F. Wangaard y R. Echenique-Manrique. 1976. La madera y su uso en la construcción. Clasificación de la madera de pinos mexicanos. INIREB. No 2. Jalapa, Ver., México. 26 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Situación de los bosques del mundo. ONU. Roma, Italia. 6 p.
- Gobierno del Estado de Durango. 2005. Nuestro estado. Municipios. Medio físico. <http://www.durango.gob.mx>.
- Hahn, G. J. and S. S. Shapiro. 1967. Statistical models in engineering. John Wiley and Sons, Co. New York, NY. USA. 418 p.

- Hiura, T. and K. Fujiwara. 1999. Density-dependence and co-existence of conifer and broad-leaved trees in a Japanese northern mixed forest. *Journal of Vegetation Science* 10: 843-850.
- Huston, M. 1994. *Biological diversity: the coexistence of species in changing landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 708 p.
- Ishii, H. T., S. Tanabe and T. Hiura. 2004. Exploring the relationship among canopy structure, stand productivity and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest Science* 50: 342-355.
- Návar, J., J. Jiménez, P. A. Domínguez, O. Aguirre, M. Galván y A. Páez. 1996. Predicción del crecimiento de masas forestales mixtas e irregulares en base a las distribuciones diamétricas en el sureste de Sinaloa, México. *Investigación Agraria: Sistemas Forestales* 5: 213-229.
- Návar-Cháidez, J. y J. Contreras-Aviña. 2000. Ajuste de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino de Durango, México. *Agrociencia* 34 (3): 353-362.
- Peng, C. 2000. Growth and yield models for uneven-aged stands: past, present and future. *Forest Ecology and Management*, 132: 259-279.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Diagnóstico de la Actividad Forestal de Durango, y sus Perspectivas. 2000. Durango, Dgo. México. pp 4-10.
- Shugart, H. H. 1984. *A theory of forest dynamics*. Springer Verlag Co. New York, NY. USA. 278 p.
- Vanclay, J. K. 1994. *Modelling forest growth and yield; applications to mixed tropical forest*. CAB International. Wallingford, Oxon. UK. 312 p.
- Vanclay, J. K. 1995. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forest*. CAB International. Wallingford, Oxon. UK. 312 p.
- Wenger, K. F. 1984. *Forestry handbook*. 2nd edition. John Wiley & Sons, Co. New York, NY. USA. 1335 p.
- Wykoff, W. R. 1986. Supplement to the user's guide for the stand prognosis model-Version 5.0. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-208. 36 p.
- Zepeda Bautista, M. E. y A. Domínguez-Pereda. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engl. de El Poleo, Chihuahua. *Madera y Bosques* 4: 27-39.

# ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y SIMILITUD DE HONGOS ECTOMICORRIZÓGENOS EN BOSQUES DE BOCOYNA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Miroslava Quiñónez Martínez<sup>1</sup>, Fortunato Garza Ocañas<sup>2</sup>,  
Manuel Sosa Cerecedo<sup>3</sup>, Toutcha Lebgue Keleng<sup>3</sup>,  
Pablo Lavin Murcio<sup>1</sup> y Susana Bernal Carrillo<sup>4</sup>

## RESUMEN

La composición de los hongos ectomicorrizógenos (HEM) es un indicador de la estructura y función del ecosistema de bosque. Durante los meses de julio a septiembre del 2005 se realizaron cuatro muestreos para medir la abundancia y diversidad de especies de HEM en cada una de las siguientes áreas: 1) Zona de quema, 2) Zona de tala, 3) Zona de regeneración forestal y 4) Zona natural de bosque, en el municipio de Bocoyna, Chihuahua. Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, equitatividad de Pielou e Índice de Sorensen. Se registraron un total de 1377 esporomas correspondientes a 39 especies. La zona natural del bosque presentó la más alta diversidad y equitatividad conformada principalmente por individuos del género *Amanita*. La de regeneración mostró mayor frecuencia de esporomas, pero los índices de diversidad y riqueza fueron bajos, por la considerable abundancia de *Laccaria laccata*. En las dos zonas de disturbio se obtuvieron los menores índices de diversidad; aunque en la zona de quema se registró una abundancia significativa de *Astraeus hygrometricus*. Con el índice de Sorensen, se determinó que los taxa más comunes se desarrollaron en la zona natural y en la de regeneración debido a la gran riqueza y afinidad de especies. Los géneros *Amanita*, *Astraeus*, *Boletus*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Lactarius* y *Russula*, tuvieron los valores más grandes de abundancia y riqueza en las áreas de estudio, lo cual explica la relación estrecha de los HEM con los bosques de pino mejor conservados.

**Palabras clave:** *Amanita*, *Astraeus*, disturbio, esporomas, hongos ectomicorrizógenos, *Laccaria*.

Fecha de recepción: 11 de octubre de 2006.

Fecha de aceptación: 19 de marzo de 2008.

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Correo-e: mquinonezm@infosel.com

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

<sup>3</sup> Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.



## ABSTRACT

Species composition of ectomycorrhizal fungi (HEM) is an indicator of the structure and function of a forest ecosystem. In the Municipality of Bocyna, from the months of July to September of 2005, four samples were taken to measure the abundance and diversity of species HEM from each of the following zones (i.e. treatments): 1. burned zone, 2. logging zone, 3. regeneration zone and 4. natural forest zone. The Shannon-Wiener, Pielou equitativity as well as the Sorensen diversity indexes were used. A total of 1377 sporomas were obtained that belonged to 39 species. The natural forest zone showed the highest diversity and similarity of fungal species and most species belonged to the genus *Amanita*. The regeneration zone showed the highest frequency of sporocarps but with less diversity of species and richness due to the high abundance of *Laccaria laccata*. The burned and logging zones showed the lowest diversity index, however in the burned zone there was a significant abundance of *Astraeus hygrometricus*. Using the Sorensen's index it was found that most common species are in the natural and regeneration zones due to higher richness and affinity of species. The genera *Amanita*, *Astraeus*, *Boletus*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Lactarius* and *Russula*, presented the highest abundance and richness of all species in all the zones of the study explaining the importance of HEM in the conservation of a pine forest.

**Key words:** *Amanita*, *Astraeus*, disturbance, sporomas, ectomycorrhizal mushrooms, *Laccaria*.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Pinus* - *Quercus* se caracterizan por una gran riqueza de especies de flora y fauna, así como de hongos, que desempeñan diferentes funciones ecológicas. Existen formas saprobias que descomponen la materia orgánica muerta, con lo que contribuyen al reciclaje de los nutrientes del suelo y; los parásitos que viven sobre la corteza de los pinos y encinos (Pilz y Molina, 2001). Sin embargo, los considerados de mayor importancia ecológica son los asociados con las raíces de los árboles que forman micorrizas y facilitan un mayor crecimiento y desarrollo en ambos individuos (O'Dell *et al.*, 1999).

Los hongos ectomicorrizógenos (HEM) son un grupo clave en la regulación de los nutrientes entre el suelo y las plantas en la mayoría de los ecosistemas terrestres. El papel de los HEM es mejorar la absorción de elementos esenciales, principalmente nitrógeno, fósforo y el agua (Walker *et al.*, 2005); la protección contra patógenos (Pennanen *et al.*, 2005) y proporcionar a la planta más tolerancia al estrés ambiental, lo que determina en gran medida, la conservación y el mantenimiento ecológico de las comunidades forestales.

Numerosos trabajos describen la relación entre la recuperación de ecosistemas con disturbio y la comunidad de HEM. Diversas investigaciones han mostrado una total reducción de esa parte de la riqueza fúngica y cambios en la composición de las especies después de un aclareo o tala (Wienscyk *et al.*, 2002); así como, una correlación positiva en la mortalidad de HEM, incrementada por la fuerza del fuego y la eliminación de los árboles (Smith *et al.*, 2005). Aunque, algunos resultados sugieren que la capa orgánica permanece inalterable y la composición de HEM, no es substancialmente alterada por los incendios de intensidad baja (Dahlberg *et al.*, 2001). En contraste, los naturales de alta intensidad o prescritos consumen gran parte de la materia orgánica edáfica, lo cual afecta también a la porción mineral y altera de manera significativa a la comunidad de HEM (Wiensczyk *et al.*, 2002).

No obstante la importancia de los HEM en la estructura y función de los ecosistemas, los trabajos ecológicos sobre estos organismos son pocos. La mayoría de los estudios se refieren a hongos hipógeos, que si bien son una parte importante del grupo de los HEM, sólo constituyen aproximadamente 20% de los que forman ectomicorrizas (Molina *et al.*, 1992); el resto (80%) son epígeos (fructificación arriba del suelo). En el municipio de Bocoyna, Chih., algunos autores han realizado listados taxonómicos, a saber: Pérez-Silva y Aguirre-Acosta (1986); Laferriere y Gilbertson (1992); Moreno-Fuentes *et al.* (1994); Quiñónez-Martínez *et al.* (1999) y Quiñónez-Martínez y Garza (2003). Con respecto a trabajos específicos de hongos que forman ectomicorrizas, Kong *et al.* (2000), hicieron un inventario de los asociados con *Picea chihuahuana* Martínez, en el cual destacan las familias: Russulaceae, Cortinariaceae y Pluteaceae. Quiñónez-Martínez *et al.* (2005), registraron 70 especies, principalmente de los géneros: *Amanita*, *Boletus*, *Lactarius*, *Russula* y *Laccaria*.

En el municipio de Bocoyna existen muchas áreas con fuerte impacto, por actividades antropogénicas relacionadas con la extracción ilegal de la madera, recurso que se aprovecha sin control, y provoca la deforestación de zonas naturales dentro de las comunidades de pino y encino, con la consecuente formación de áreas de tala y quema, que a su vez, son uno de los factores determinantes de la estructura heterogénea del paisaje, y pérdida de la biodiversidad.

La disponibilidad ecológica de los HEM, medida en función de su abundancia y diversidad, puede ser un indicador del nivel de disturbio o de estabilidad de las comunidades forestales en el municipio de Bocoyna.

Los objetivos de este estudio fueron analizar los cambios en la riqueza y abundancia de esporomas de HEM, a lo largo de un gradiente de disturbio, en condiciones naturales y de reforestación; así como, la determinación de la similitud por especies entre pares de comunidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El trabajo de campo se realizó en la parte alta de la Sierra Madre Occidental, perteneciente al municipio de Bocoyna, a 220 km al suroeste de la ciudad de Chihuahua, Chih., México; ubicada entre las coordenadas 28° 00' 41" y 27° 53' 38" latitud norte y los 107° 35' 39" y 107° 35' 37" longitud oeste, con una altitud de 2,427 a 2,442 msnm. Colinda al norte con el municipio de Guerrero, al este con Carichi, al sur con los municipios de Guachochi, Urique y al oeste con los municipios de Ocampo, Maguarichi y Guazapares. Bocoyna tiene una superficie de 2,801.80 km<sup>2</sup>, ocupa el quinto lugar por superficie en el estado, (SEGOB, 2005). Presenta una temperatura media anual de 10.5°C (García, 1973); la precipitación promedio anual es de 685 mm (Pinedo, 1998).

El área se localiza en la subprovincia de las sierras y llanuras tarahumaras, caracterizada por la presencia de terrenos escarpados y cimas redondeadas con laderas altas, medias y bajas, además de valles dispersos de superficie variable (Valencia, 1995). Los tipos de suelo corresponden a los grupos de los Ferozems y Litosoles (Pinedo, 1998).

Las comunidades vegetales se clasifican como bosque de pino y bosque de pino-encino, cuyos taxa arbóreos representativas son: *Pinus arizonica* Engelm., *Pinus ayacahuite* Ehernb ex Schltld., *Pinus engelmannii* Carr., *Quercus sideroxyla* Humb. et Bonpl., *Quercus depressipes* Trel., *Juniperus deppeana* Steud., *Arbutus arizonica* (A. Gray) Sarg. y *Arctostaphylos pungens* HBK. (Rzedowski, 1994).

### Selección de sitios de muestreo

El muestreo se realizó en cuatro comunidades forestales, con diferentes condiciones ecológicas:

- 1) Zona de impacto por quema (ZIQ) llamada "El Huérfano", donde se observó una sucesión secundaria conformada por las herbáceas: *Packeria candidissima* (Greene) Weber & Löve, *Helanthemum glomeratum* S. Wats., *Stevia salicifolia* Cav., *Machaeranthera gracilis* (Nutt.) Schinners, *Taraxacum officinale* Weber y *Carpochaete pringlei* (S. Wats) Grasshoff ex B. L. Turner.
- 2) Zona de impacto por tala (ZIT) en la que se presentaron pequeños bosques de *Pinus arizonica* en diferentes puntos, en el estrato herbáceo se identificaron las mismas especies que en la ZIQ; aunque proliferó *Packeria candidissima*.
- 3) Zona de regeneración forestal (ZRF) con plantaciones de *Pinus arizonica*.
- 4) Zona natural de bosque (ZNA), con bajo impacto antropogénico, caracterizada por individuos arbóreos de las familias Pinaceae, Fagaceae y Ericaceae, comunes en el área de estudio.

En cada sitio seleccionado se ubicaron tres cuadrantes de un tamaño de 50 x 50 m<sup>2</sup>, determinado con base en la homogeneidad del área y tipo de vegetación. Se realizaron cuatro recolectas de material fúngico a intervalos de 15 días, a partir de principios de julio, hasta mediados de septiembre del 2005, que comprende la temporada de lluvias. En total se muestrearon 48 unidades de 2,500 m<sup>2</sup>, divididas en 12 unidades por sitio.

## Recolecta e identificación de esporomas de HEM

Se registró el número de esporomas por taxón en cada zona, se tomaron fotografías en fresco y los datos de las características macroscópicas de los ejemplares no identificados. El material fue herborizado siguiendo las recomendaciones de Cifuentes *et al.* (1986) y determinado a nivel de especie con el auxilio de literatura especializada (Barron, 1999; Bessette *et al.*, 1997, 2000; García *et al.*, 1998; Guzmán, 1977; Lincoff, 1981; Pacioni, 1982).

## Análisis de la información

Se determinaron la riqueza de HEM por sitio, expresada como el total de número de especies presentes en una comunidad, (Wiensczyk *et al.*, 2002) y la abundancia; además se obtuvieron las proporciones relativas de los diferentes taxa en cada comunidad (Krebs, 1985). Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Lindgren y Sullivan, 2001; Shaw, 2003; Behera *et al.*, 2005), calculado como:

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i$$

Donde:

$P_i$  = abundancia relativa de especies  $i$

y el índice de equitatividad de Pielou's (Pitkänen, 1998; Shaw, 2003; Onaindia *et al.*, 2004):

$$J' = H'/H'_{max} \text{ y } H'_{max} = H'/\log_2 S,$$

Donde:

$S$  = riqueza de especies

La similaridad entre comunidades fue estudiada por un método cualitativo, mediante las técnicas de Sorensen, basadas en la presencia o ausencia de las especies y, se calculó para establecer las comunidades con mayor similitud y disimilitud de riqueza fúngica, el cual presenta un rango estadístico de 0-1; cuando su valor es igual a 1 se tiene una completa similaridad, el 0 le corresponde a los



sitios que son disimilares (Smith *et al.*, 2002). El índice de similitud fue estimado a partir del número de especies similares (C) entre pares de comunidades (A + B), para analizar los efectos de las condiciones ambientales en las comunidades forestales (Smith y Smith, 2000).

$$IS = 2C/A+B$$

## RESULTADOS

### Riqueza de especies y abundancia

Se determinaron 15 géneros con 39 especies de hongos ectomicorrizógenos a partir de una recolecta de 1,377 esporomas, las más frecuentes en la mayoría de las localidades fueron: *Amanita muscaria* (L.) Lam., *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morg, *Inocybe splendens* var. *phaeoleuca* (Kuhn.) Kuyper; *Laccaria laccata* (Scop.) Cooke. y *Russula emetica* (Schaeff.) Pers. (figuras 1, 2, 3, 4 y 5).



Figura 1. *Astraeus hygrometricus* (Pers.).





Figura 2. *Laccaria laccata* (Scop.) Cooke.



Figura 3. *Amanita muscaria* (L.) Lam.



Figura 4. *Russula emética* (Schaeff) Pers.



Figura 5. *Inocybe splendens* (Kuhner).



La ZNA (zona natural de bosque) mostró el valor más alto de riqueza, con 29 taxa de HEM, destacan en abundancia: *Laccaria*, *Amanita*, *Russula* y *Suillus*. Se observaron 10 especies del género *Amanita*, entre ellas *A. muscaria* resultó con la mayor abundancia. Sin embargo, representó 20% de la abundancia total de la ZNA (Figura 6).

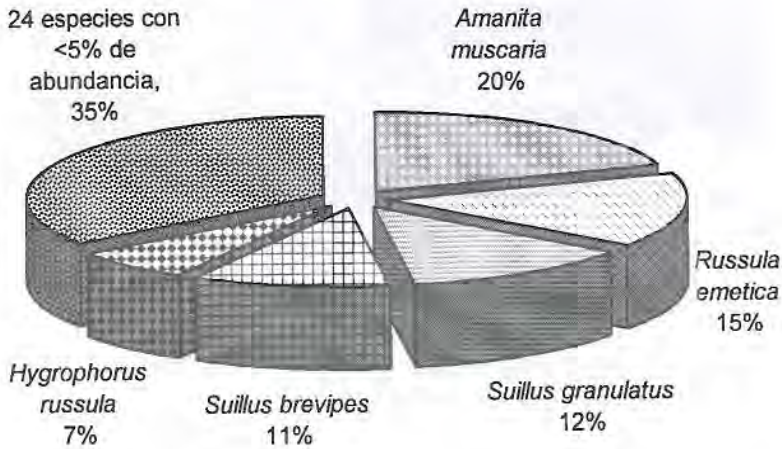


Figura 6. Abundancia de HEM de la zona de bosque natural (ZNA) en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, México.

En la ZRF (zona de regeneración forestal) se identificaron 25 especies ectomicorrizógenas, correspondientes a los géneros *Amanita*, *Lactarius*, *Russula*, *Suillus* y *Laccaria*; sobresalió *L. laccata*, con 543 ejemplares que constituyeron 70.9% de la abundancia total (Figura 7).

En las ZIQ (zona de impacto por quema) y ZIT (zona de impacto por tala) se presentaron los valores de riqueza más bajos ( $n_1 = 5$ ;  $n_2 = 5$ ). No obstante, fueron los sitios donde *Astraeus hygrometricus* e *Inocybe splendens* tuvieron la más alta abundancia. Así mismo, se registraron otros HEM con cantidades mínimas (figuras 8 y 9).

Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equitatividad de Pielou ( $J'$ ). El índice más alto de diversidad se obtuvo en la ZNA ( $H' = 3.84$ ); debido a que fue el área de mayor riqueza y equitatividad (Cuadro 1). *Laccaria laccata* y *Amanita muscaria* resultaron ser las de frecuencia alta con 35% de la abundancia total muestreada (figuras 2 y 3); mientras que, 24 especies alcanzaron menos del 5%, es decir, la mayoría de los HEM se presentaron de manera proporcional y con valores grandes de equitatividad (Figura 6, Cuadro 1).

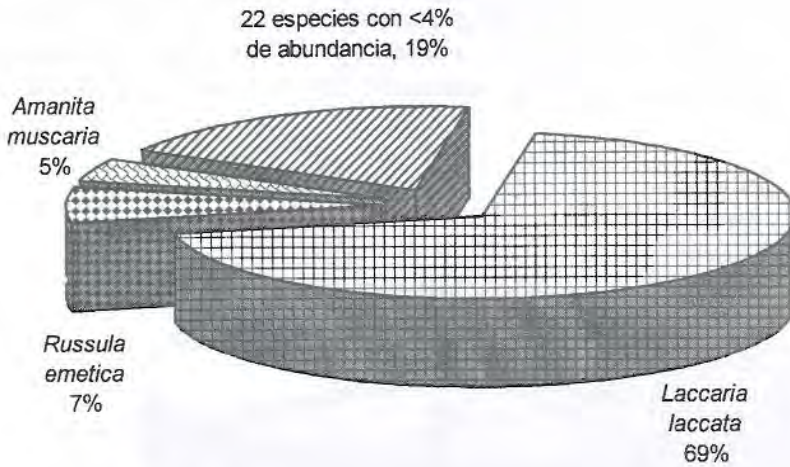


Figura 7. Abundancia de HEM de la zona de regeneración forestal (ZRF) en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, México.

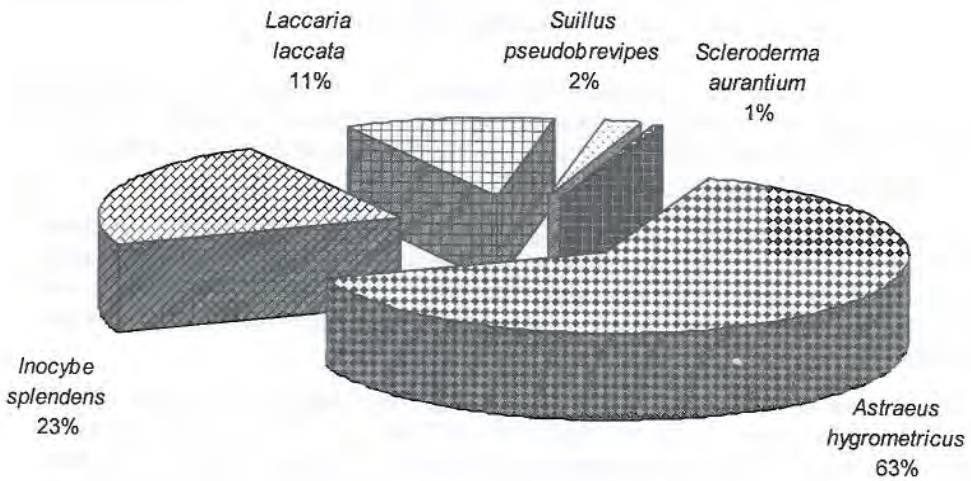


Figura 8. Abundancia relativa de HEM de la zona de quema (ZIQ) en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, México.

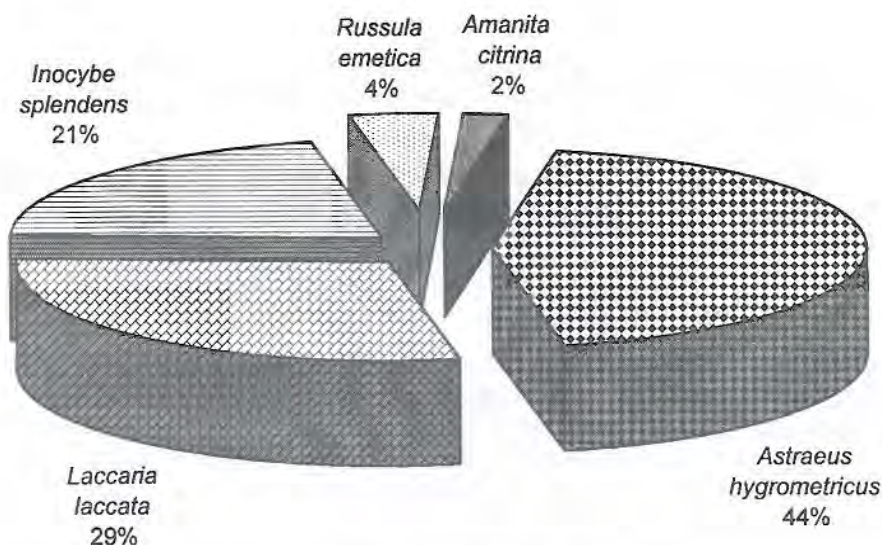


Figura 9. Abundancia relativa de HEM de la zona de tala (ZIT) en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, México.

Cuadro 1. Abundancia, riqueza, equitatividad e índice de diversidad de HEM en cuatro zonas forestales del municipio de Bocoyna, Chihuahua, México.

Localidad	FR	S	J'	H'
ZNA	249	29	0.79	3.84
ZRF	765	25	0.43	2.04
ZIT	52	5	0.70	1.8
ZIQ	311	5	0.60	1.4

FR = Frecuencia; S = Riqueza de especies; J' = Índice de Equitatividad de Pielou; H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

En la ZRF, el índice de diversidad fue inferior ( $H' = 2.04$ ), aunque se observó una riqueza alta ( $n = 25$ ); *Laccaria laccata* representó 70.9% de la abundancia total, pero con la equitatividad más baja ( $J' = 0.43$ ). Los 24 taxa restantes tuvieron valores de abundancia de 0.13 a 6.75% (Figura 7, Cuadro 1).



En la ZIQ, *Astraeus hygrometricus* obtuvo 63% de la abundancia; se registró poca riqueza, el índice de diversidad más bajo ( $H' = 1.4$ ); no así la equitatividad ( $J = 0.60$ ) (figuras 1 y 8, Cuadro 1).

La ZIT presentó mayor índice de diversidad que la ZIQ ( $H' = 1.8$ ); ya que las frecuencias de los HEM no fueron superiores al 50% de la abundancia relativa (Figura 9, Cuadro 1).

### Similitud entre comunidades

Los resultados demostraron que *Astraeus hygrometricus*, *Inocybe splendens* y *Laccaria laccata*, se desarrollaron en todas las áreas estudiadas. En las localidades sin disturbio (ZRF y ZNA), se determinó una similitud de 17 HEM, principalmente de los géneros *Amanita*, *Russula*, *Suillus* y *Boletus* (Cuadro 2). En la ZIT se presentaron dos especies similares a las ZNA y ZRF: *Amanita citrina* Schaeff. ex S.F.G. y *Russula emetica*, si bien con menor frecuencia, debido a que aún existen poblaciones aisladas de *Pinus arizonica*, que favorecieron su fructificación. En la ZIQ se identificaron *Scleroderma auriantum* (Vail.) Pers. y *Suillus pseudobrevipes* A.H. Sm. & Thiers como exclusiva de este sitio (Cuadro 3).

### Índice de similitud

La matriz de Sorensen (Figura 10) indica que la mayor afinidad de HEM correspondió para las ZNA y ZRF ( $IS = 62.9\%$ ), con 17 hongos similares de un promedio de 27 especies; la riqueza en ambas comunidades fue de 29 y 25, respectivamente. Las ZIQ y ZIT tuvieron una similitud del 60% con tres taxa comunes de los cinco identificados. (Cuadro 2). El análisis de similitud entre las zonas con y sin disturbio (ZIQ-ZNA; ZIQ-ZRF; ZIT-ZNA y ZIT-ZRF) alcanzaron sólo del 17.6 al 26.6% de similitud, determinada por los valores de *Astraeus hygrometricus*, *Inocybe splendens* y *Laccaria laccata*; además de la diferencia en la riqueza de especies entre los pares de comunidades (Figura 10).

## DISCUSIÓN

La ZNA presenta la mayor diversidad de HEM, con riqueza elevada y abundancia proporcional a las frecuencias registradas. Destaca el género *Amanita* con diez especies por su abundancia *Amanita muscaria*, la cual es significativa a nivel ecológico, pero no económico, toda vez que es considerada tóxica para el hombre, aunque no letal (Arora, 1986).

En la comunidad de hongos de la zona de regeneración (ZRF), se registra un alto valor en la riqueza y frecuencia total ( $N_2 = 785$ ); 70.9% de la abundancia correspondió a *Laccaria laccata*, con la menor equitatividad y bajo índice de

Cuadro 2. Similitud de especies de HEM\* en cuatro zonas forestales del municipio de Bocoyna, Chihuahua.

Especie	Localidad			
	ZIQ	ZIT	ZRF	ZNA
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan	+	+	+	+
<i>Inocybe splendens</i> var. <i>phaeoleuca</i> (Kuhn.) Kuyper	+	+	+	+
<i>Laccaria laccata</i> (Scop. ex Fr.) Cooke	+	+	+	+
<i>Russula emetica</i> (Schaeff.) Pers.	-	+	+	+
<i>Amanita citrina</i> (Schaeff.) Pers.	-	+	+	+
<i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam.	-	-	+	+
<i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel	-	-	+	+
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	-	-	+	+
<i>Boletus pinophilus</i> Pilat & Dermek	-	-	+	+
<i>Amanita vaginata</i> var. <i>vaginata</i> (Bull.) Lam.	-	-	+	+
<i>Russula brevipes</i> Peck	-	-	+	+
<i>Suillus brevipes</i> (Peck) Kuntze	-	-	+	+
<i>Amanita pantherina</i> (DC.) Krombh.	-	-	+	+
<i>Amanita rubescens</i> Pers.	-	-	+	+
<i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr.	-	-	+	+
<i>Cortinarius semisanguineus</i> (Fr.) Gillet	-	-	+	+
<i>Boletellus russellii</i> (Frost) E.-J. Gilbert	-	-	+	+

(+) = especie presente; (-) = especie ausente.

\*Referencia de status ectomicorrizógeno: O'Dell *et al.* (1999); Smith *et al.* (2002); Bonet *et al.* (2004); Kranabetter *et al.* (2005).

Cuadro 3. Disimilitud de especies HEM\* en cuatro zonas forestales del municipio de Bocoyna, Chihuahua.

Especie	Localidad			
	ZIQ	ZIT	ZRF	ZNA
<i>Suillus pseudobrevipes</i> A. H. Sm. & Thiers	+	-	-	-
<i>Scleroderma aurantium</i> (Vaill.) Pers.	+	-	-	-
<i>Laccaria amethystina</i> Cooke	-	-	+	-
<i>Amanita verna</i> (Bull.) Lam.	-	-	+	-
<i>Russula decolorans</i> (Fr.) Fr.	-	-	+	-
<i>Lactarius piperatus</i> (L.) Pers.	-	-	+	-
<i>Leccinum auriantacum</i> (Bull.) Gray	-	-	+	-
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray	-	-	+	-
<i>Lactarius zonarius</i> (Fr.) Fr.	-	-	+	-
<i>Suillus americanus</i> (Peck) Snell	-	-	+	-
<i>Hygrophorus russula</i> (Schaeff.) Kauffman	-	-	-	+
<i>Laccaria bicolor</i> (Maire) P. D. Orton	-	-	-	+
<i>Boletus variipes</i> Peck	-	-	-	+
<i>Amanita polypyramis</i> (Berk. & M. A. Curtis) Sacc.	-	-	-	+
<i>Amanita virosa</i> (Fr.) Bertill.	-	-	-	+
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	-	-	-	+
<i>Xerocomus</i> sp.	-	-	-	+
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	-	-	-	+
<i>Lactarius torminosus</i> (Schaeff.) Gray	-	-	-	+
<i>Amanita gemmata</i> (Fr.) Bertill.	-	-	-	+
<i>Amanita flavoconia</i> G. F. Atk.	-	-	-	+
<i>Lactarius uvidus</i> (Fr.) Fr.	-	-	-	+

(+) = especie presente; (-) = especie ausente.

\*Referencia de status ectomicorrizógeno: O'Dell *et al.* (1999); Smith *et al.* (2002); Bonet *et al.* (2004); Kranabetter *et al.* (2005).

Localidad*	1	2	3	4
1		60	20	17.6
2	3		26.6	23.5
3	3	4		62.9
4	3	4	17	

(Diagonal superior coeficientes de similitud de Sorensen (%); diagonal inferior número de especies comunes. 1 = ZIQ; 2 = ZIT; 3 = ZRF; 4 = ZNA).

Figura 10. Matriz de similitud de especies de HEM entre los pares de las cuatro áreas de estudio.

diversidad, debido probablemente a que se trata de un bosque joven con reforestación de *Pinus arizonica*. *Laccaria laccata* es un HEM que se caracteriza por crecer en zonas de sucesión temprana, plantaciones, en viveros de pinos y en bosques jóvenes (Brundrett *et al.*, 2005), como los del área de estudio (Figura 8). Este resultado coincide con los de Gómez y Gómez (2006), quienes realizaron un estudio de HEM en unidades ambientales del Parque Nacional Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán, en el que citan a *Laccaria laccata*, *Suillus cothurnatus* Singer y *S. granulatus* (L. ex Fr.) Kuntze como las especies propias de zonas con pinos jóvenes.

Las zonas con disturbio (ZIQ, ZIT), presentan baja riqueza y frecuencia de HEM, por lo que el índice de diversidad fue menor en ambos sitios, hecho más evidente en la ZIQ, donde 63.6% de la abundancia correspondió a *Astraeus hygrometricus*, hongo ectomicorrizógeno (Chakraborty *et al.*, 2004), que se caracteriza por fructificar en ambientes con vegetación arbórea tanto abierta, como cerrada, de sucesión temprana y en áreas disturbadas, se adapta a diversos hábitats; así como a diversas condiciones de luz y humedad (Arora, 1986; Lincoff, 1995; Pacioni, 1986).



Los resultados anteriores muestran la importancia del conocimiento de la composición y dinámica de las especies fúngicas, en la conservación de la diversidad de los bosques templados (Smith *et al.*, 2002); puesto que son consideradas indicadores significativos de las actividades de manejo y sucesión de la vegetación (Luoma *et al.*, 1989; Onaindia *et al.*, 2004; Kranabetter *et al.*, 2005).

La matriz de Sorensen (Figura 11) es un reflejo de la similitud de especies entre dos comunidades, pero también del efecto de la riqueza, ya que ésta debe alcanzar más del 50% de especies similares, con base en el promedio de riqueza de las dos comunidades (Smith y Smith, 2000). Por ello, en las zonas de impacto estudiadas, existe un índice representativo de similitud, con valores de tres especies en común, de cinco presentes por sitio.

En el resto de la matriz, los resultados fueron muy bajos, en respuesta al reducido porcentaje de similitud, determinado por la diferencia en el promedio de riqueza con las zonas naturales y de reforestación. A partir del índice de Sorensen, la ZNA y ZRF se consideran zonas similares, son sitios cercanos en distancia y con características de suelo y vegetación semejantes, dominados por *Pinus arizonica* y algunas ericáceas, tales como *Arbutus arizonica* (A. Gray) Sarg. y *Arctostaphylos pungens* HBK.

## CONCLUSIONES

Existe una diversidad mayor de especies consideradas ectomicorrizógenas en las áreas naturales y de regeneración, destaca la riqueza y abundancia de especies de los géneros *Amanita*, *Astraeus*, *Boletus*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Lactarius* y *Russula*. La presencia de estos hongos corrobora la función de los HEM como indicadores de la estabilidad de los bosques de pino.

En las áreas disturbadas por efecto de la actividad antropogénica, disminuye drásticamente la composición de los HEM y dominan las especies como *Astraeus hygrometricus* y *Laccaria laccata*, adaptadas a sitios abiertos y de vegetación de sucesión temprana.

Es recomendable incrementar los estudios en los años siguientes e integrar aspectos étnicos, análisis de vegetación, suelo y otras variables ambientales, que permitan establecer correlaciones con la composición de HEM; además de obtener bases para desarrollar programas de recuperación de la comunidad fúngica y arbórea asociada a bosques con disturbio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Jefatura del Departamento de Ciencias Básicas y a la Coordinación de Investigación del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por el apoyo financiero para la realización del trabajo de campo de esta investigación.



## REFERENCIAS

- Arora, D. 1986. *Mushrooms Demystified*. Ten Speed Press. Berkeley, CA. USA. 959 p.
- Barron, G. 1999. *Mushrooms of Northeast North America: Midwest to New England*. Lone Pine Publ. Edmonton, Alberta. Canada. 336 p.
- Bessette A., E., A. R. Bessette and D. W. Fisher. 1997. *Mushrooms of Northeastern North America*. Syracuse University Press. Syracuse, NY. USA. 582 p.
- Bessette, A., W. C. Roody and R. Bessette A. 2000. *North American Boletes*. Syracuse University Press. Syracuse, NY. USA. 396 p.
- Behera, M. D., S. P. S., Kushwaha and P. S. Roy. 2005. Rapid assessment of biological richness in a part of Eastern Himalaya: an integrated three-tier approach. *Forest Ecology and Management* 207: 363-384.
- Bolaños, H. R. 1996. *Manual del Bosque. Sierra Tarahumara. Región San Juanito-Creel, Red de Bosques Modelo*. 1ª. Ed. Bosque Modelo Chihuahua, A. C. Chihuahua, Chih. México. 31 p.
- Bonet, J. A., C. Fischer R. and C. Colinas. 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *Forest Ecology and Management* 203:157-175.
- Brundrett, M., N. Malajczuk, G. Mingqin, X. Daping, S. Snelling and B. Dell. 2005. Nursery inoculation of eucalyptus seedlings in western Australia and southern China using spores and mycelial inoculum of diverse ectomycorrhizal fungi from different climatic regions. *Forest Ecology and Management* 209: 193-205.
- Chakraborty, I., S. Mondal, M. Pramanik, D. Rout and S. Islam. 2004. Structural investigation of a water-soluble glucan from an edible mushroom, *Astraeus hygrometricus*. *Carbohydrate Research* 339:2249-2254.
- Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1986. Hongos. *Manual de Herbario. Consejo Nacional de la Flora de México A. C. México, D. F. México*. pp. 55-64.
- Dahlberg, A., J. Schimmel, A. Taylor and H. Johannesson. 2001. Post-fire legacy of ectomycorrhizal fungal communities in the Swedish boreal forest in relation to fire severity and logging intensity. *Biological Conservation* 100:151-161.
- García, J., D. Pedraza, C. I. Silva, R. L. Andrade y J. Castillo. 1998. *Hongos del estado de Querétaro*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México. 263 p.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª ed. México, D. F. México. 246 p.

- Guzmán, G. 1977. Identificación de hongos. 1a. Edición. Limusa. México, D. F. México. 236 p.
- Kranabetter J., M., J. Friesen, S. Gamiet and P. Kroeger: 2005. Ectomycorrhizal mushroom distribution by stand age in western hemlock lodgepole pine forests of northwestern British Columbia. *Can. J. For. Res.* 35:1527-1539.
- Kong, A., G. Galindo-Flores y A. Estrada-Torres. 2000. Hongos ectomicorrizógenos asociados con *Picea chihuahuana*. In: Memorias. VII Congreso Nacional de Micología. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. Qro. México. 69 p.
- Krebs, J. Ch. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. Harla, S. A. México. D. F. México. 753 p.
- Laferriere, J. E., and R. L. Gilbertson. 1992. Fungi of Nabogame, Chihuahua, México. *Mycotaxon.* 44:73-87.
- Lincoff G., H. 1981. National Audubon Society Field Guide to North American Mushrooms. Chanticleer Press, Inc. New York. NY. USA. 926 p.
- Lindgren, P. M. F., and T. P. Sullivan. 2001. Influence of alternative vegetation management treatments on conifer plantation attributes abundance, species diversity, and structural diversity. *Forest Ecology and Management.* 142:163-182.
- Luoma D., L., J. Eberhart L., R. Molina and M. Amaranthus. 2004. Response of ectomycorrhizal fungus sporocarp production to varying levels and patterns of green-tree retention. *Forest Ecology and Management.* 202: 337-354.
- Molina, R., H. B. Masicote and J. Trappe M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: Community-ecological consequences and practical implications. In: Allen M. J. (Ed.). *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process.* Chapman & Hall, New York, NY. USA. 423 p.
- Moreno-Fuentes, A., E. Aguirre-Acosta, M. Villegas y J. Cifuentes. 1994. Estudio fungístico de los macromicetos en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, México. *Rev. Mex. Mic.* 10:63-76.
- O'Dell, T. E., J. F. Ammirati and E. G. Schreiner. 1999. Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Can. J. Bot.* 77:1699-1711.
- Onaindia, M., I. Dominguez, I. Albizu, C. Garbisu and I. Amezaga. 2004. Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecology and Management* 195:341-354.
- Pacioni, G. 1982. Guía de hongos. Grijalbo, S. A. Barcelona, España. 507 p.
- Pennanen, T. J. Heiskanen and T. Korkama. 2005. Dynamics of ectomycorrhizal fungi and growth of Norway spruce seedlings after planting on a mounded forest clearcut. *Forest Ecology and Management* 213:243-252.



- Pérez-Silva, E., y E. Aguirre-Acosta. 1986. Flora micológica del estado de Chihuahua, México. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica 57:17-32.
- Pilz, D. and R. Molina. 2001. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. *Forest Ecology and Management* 5593:1-14.
- Pinedo A., C. 1998. Análisis de los recursos forestales y del hábitat de la cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) en la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México. Tesis Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 142 p.
- Pitkänen, S. 1998. The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. *Forest Ecology and Management* 112:121-137.
- Quiñónez-Martínez, M., F. Garza, J. R. Mendoza, J. García y H. R. Bolaños. 1999. Guía de Hongos de Bosque Modelo Chihuahua. Sierra Tarahumara, Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 85 p.
- Quiñónez-Martínez, M. y F. Garza. 2003. Taxonomía, ecología y distribución de hongos macromicetos de Bosque Modelo, Chihuahua. *Ciencia en la Frontera. México* 2(1):63-69.
- Quiñónez-Martínez, M., F. Garza y M. Vargas. 2005. Aspectos ecológicos y diversidad de hongos ectomicorrízicos en bosque de pino y encino de 5 localidades del municipio de Bocoyna, Chihuahua. *Ciencia en la Frontera. México* 3(1):29-38.
- Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. México. pp. 283-313.
- Secretaría de Gobierno, 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_chihuahua](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_chihuahua); (11 de Octubre de 2006).
- Shaw, P. J. A. 2003. *Multivariate statistics for the environmental sciences*. Arnold Publishers. New York, NY. USA. pp. 30-39.
- Smith, R. L. y T. M. Smith. 2000. *Ecología*. Addison Wesley. México, D. F. México. pp. 304-307.
- Smith, J. E., R. Molina, M. M. Huso P., D. L. Luoma, D. McKay, M. A. Castellano, T. Lebel and Y. Valachovic. 2002. Species richness, abundance and composition of hypogeous and epigeous ectomycorrhizal fungal sporocarps in young, rotation-age, and old-growth stands of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Cascade Range of Oregon, USA. *Can. J. Bot.* 80:186-204.

- Smith, J. E., D. McKay, G. Brenner, J. McIver and J. Spatafora W. 2005. Early impacts of forest restoration treatments on the ectomycorrhizal fungal community and fine root biomass in a mixed conifer forest. *Journal of Applied Ecology*. 42:526-535.
- Valencia, C. C. M. 1995. Impactos ecológicos en las regiones boscosas de Chihuahua a través de simulación. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia, Chihuahua. Chih. México. 235 p.
- Walker, J. F., O. K. Miller Jr. and J. L. Horton. 2005. Hyperdiversity of ectomycorrhizal fungus assemblages on oak seedlings in mixed forests in the southern Appalachian Mountains. *Molecular Ecology* 14:829-838.
- Wiensczyk, A., S. Gamiet, D. M. Durall, M. D. Jones and S. W. Simard. 2002. Ectomycorrhizae and forestry in British Columbia: A summary of current research and conservation strategies. *B. C. Journal of Ecosystems and Management* 2(1):1-20.

# ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE CONÍFERAS NATIVAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, Roberto Toledo Bustos<sup>1</sup>,  
Trinidad Sáenz Reyes<sup>1</sup>, Francisco J. Villaseñor<sup>1</sup>,  
J. Jesús García Sánchez<sup>2</sup> y J. Jesús García Magaña<sup>2</sup>.

## RESUMEN

Existen alrededor de 570,708 ha con algún grado de perturbación y 35,000 ha/año con deterioro en el estado de Michoacán. El Programa de Mejoramiento Genético del Plan de Desarrollo Forestal Sustentable 2002-2008 incluye siete áreas y dos huertos semilleros. Las áreas semilleras garantizan la producción de semilla por varios años, ya que son una fuente inmediata de abastecimiento de germoplasma, cuya calidad se puede mejorar del 7 al 10%; apoyarán a los programas de reforestación y de plantaciones comerciales en la entidad. El objetivo del presente estudio fue establecer dos áreas semilleras con *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies religiosa*, para producir semillas con ganancia genética, de las que se conozca su origen y la fuente parental. Se localizan en la Meseta Tarasca y en el Oriente, en los municipios de Nuevo Parangaricutiro y Zinapécuaro, en donde la altitud es de 2,685 a 2,900 m, la pendiente del 6 al 40% y la superficie de 15 a 16 ha; se seleccionaron 1,488 árboles, de los cuales 1,188 corresponden a *P. pseudostrobus* (79.84%), 112 a *P. montezumae* (7.53%) y 188 a *Abies religiosa* (12.63%). Tienen 51, 50 y 45 años, diámetro normal de 60.38, 45.19 y 39.86 cm; alturas de 34.92, 31.33 y 27.05 m y tamaño de copa de 9.66, 8.64 y 7.06 m; densidad forestal de 34 y 61 árboles/ha y la intensidad de selección, de 41.44 a 42.89%, respectivamente. Además, se escogieron 38 árboles superiores para instalar huertos semilleros clonales.

**Palabras clave:** Áreas semilleras, árboles superiores, coníferas nativas, mejoramiento genético, semillas, silvicultura.

Fecha de recepción: 19 de octubre de 2005.

Fecha de aceptación: 11 de marzo de 2008.

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP. Correo-e: [munoz.jesus@inifap.gob.mx](mailto:munoz.jesus@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Facultad de Agrobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México.



## ABSTRACT

There are near 570,708 of disturbed ha and 35,000 ha per year become declined in the state of Michoacan. The Genetic Improvement Program of the 2002-2008 Sustainable Forest Development Plan includes seven seed areas and two seed orchards. Seed areas guarantee seed production for several years, since they are the immediate source of germ plasm whose quality may be improved in 7 to 10 per cent; they will support the forest reforestation and commercial plantations in the state. The purpose of the actual study was to settle two seed areas with *Pinus pseudostrubus*, *P. montezumae* and *Abies religiosa* in order to produce seeds with genetic value, of which their origin and the parental source is known. They are located in the Tarasca Basin and at the Eastern region, in Nuevo Parangaricutiro and Zinapecuaro, where altitude measures 2,685 to 2,900 m cleavage 6 to 40% and a surface of 15 to 16 ha; 1,488 trees were selected, of which 1,188 are *P. pseudostrubus* (79.84%), 112, *P. montezumae* (7.53%) and 188, *Abies religiosa* (12.63%). They are 51, 50 y 45 years old, BHD of 60.38, 45.19 and 39.86 cm; heights were 34.92, 31.33 y 27.05 m and crown cover, 9.66, 8.64 and 7.06 m; forest density is 34 and 61 trees per ha and selection intensity was 41.44 to 42.89 per cent each. 38 plus trees were chosen to install clonal seed orchards.

**Key words:** seed areas, plus trees, native conifers, genetic improvement, seeds, silviculture.

## INTRODUCCIÓN

Un problema imperante en el estado de Michoacán es la existencia de alrededor de 570,708 ha con algún grado de perturbación, y un ritmo de deterioro de 35,000 ha/año (COFOM, 2003). Para contrarrestar estos efectos, existen programas como el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), cuyo propósito principal es la restauración y conservación de los ecosistemas forestales a través de plantaciones forestales, que incrementen la cubierta vegetal y propicien la conservación del equilibrio ecológico.

Para el 2003, el programa estatal de reforestación tenía como meta establecer la reforestación en 16,000 ha, con 19 millones de plantas y un costo aproximado de 37 millones de pesos; para ello se recolectó un total de 520 kg de semilla (COFOM, 2003a).

Como resultado de una evaluación realizada a las reforestaciones establecidas en Michoacán, se estimó que la supervivencia al año siguiente de su establecimiento fue de 37.80%, en promedio; entre los factores causales de la mortalidad están: la selección inadecuada de especies y procedencias, así como la mala calidad de planta en los viveros (Sáenz y Lindig, 2004).

Debido a que los trabajos para revertir los efectos de la erosión que la deforestación provoca son insuficientes, el PRONARE tuvo como meta reforzar las estrategias de operación, mediante las siguientes acciones: suministrar germoplasma forestal de buena calidad de acuerdo a las características específicas de cada predio; producir planta de mayor calidad genética, con los fines que persigue el programa de reforestación e incrementar la calidad de la planta y las acciones de reforestación, mediante la integración de los diferentes aspectos técnicos, que incluyen desde la colecta de semilla hasta el mantenimiento de las plantaciones (Quiñones, 2003).

Estos programas deben estar soportados por grandes cantidades de semilla de especies, procedencias y otras fuentes bien adaptadas y mejoradas, lo cual se podría lograr con el establecimiento y manejo de áreas semilleras de las principales especies forestales del estado de Michoacán, en tanto no se tengan mejores fuentes de semilla, que en este caso sería la producida en huertos semilleros.

El gobierno estatal, por conducto de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM, 2003b), elaboró el Plan de Desarrollo Forestal Sustentable 2002-2008, cuyas metas son: realizar un Programa de Mejoramiento Genético que contemple el establecimiento de siete áreas semilleras, dos huertos semilleros y el reacondicionamiento del banco de germoplasma.

Por lo anterior, para el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Establecer dos áreas semilleras en las regiones forestales Meseta Tarasca y Oriente del estado de Michoacán, con las especies de *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. montezumae* Lamb. y *Abies religiosa* (HBK.) Schltdl. et Cham., para producir semilla con la calidad genética mejorada, conociendo a su vez el origen y la fuente parental femenina.
- 2) Seleccionar árboles superiores con la finalidad de obtener material vegetativo para el establecimiento futuro de huertos semilleros clonales.

Patiño y Villarreal (1976) aseveraban que los programas de áreas semilleras eran muy viables para México, por ser económicos y porque producen semillas a los dos años de establecimiento, con el consecuente incremento de 10 a 20% de aumento en la producción de plantaciones, por el simple hecho de utilizar semillas de esta procedencia.

Años después, Patiño (1983) describió al área semillera como un rodal compuesto por ejemplares de alta calidad, que resultan de la eliminación de los individuos menos deseados para evitar su cruzamiento con árboles seleccionados; con ello se les proporciona espacio suficiente para su desarrollo, lo que redundará en el rendimiento de semilla a través del tratamiento aplicado. Finalmente se obtiene semilla de especies, origen y fuente parental femenina conocidos (semilla de origen identificado).

Niembro (1985) enumeró las ventajas que ofrecen las áreas semilleras: 1) Obtención de abundante cantidad de semillas naturalmente mejoradas a corto plazo y a bajo costo; 2) Producción de semillas provistas de genotipos de calidad superior a la media poblacional, acompañadas de ganancias genéticas de 7 a 10% en lo que refiere a conformación del arbolado; adaptabilidad al sitio y resistencia a plagas y enfermedades; 3) Control del origen geográfico y características fenotípicas de las fuentes parentales; 4) Optimización de las labores de colecta concentrando la producción de semillas en zonas específicas, lo cual reduce los gastos de operación.

El mismo autor (Niembro, 1985) señalaba que, tradicionalmente, a las áreas semilleras se les destinaba una superficie de 16 ha, sin embargo, su tamaño puede variar dependiendo tanto de la especie como de la cantidad de semilla requerida. Por lo general estas áreas no deben ser inferiores a 9 ha, ya que tamaños reducidos resultan poco eficientes y costosos. Tamaños mayores de 16 ha pueden ser poco prácticos para su manejo y control. Asimismo recomienda que el número de árboles que se deben de seleccionar para su establecimiento varíe de acuerdo con los hábitos de crecimiento de la especie, cantidad de semilla requerida e intensidad de selección aplicada. En este contexto, de 30 a 65 árboles/ha es adecuado para fines operativos.

Zobel y Talbert (1988) definieron tres atributos muy importantes que las áreas de producción de semillas poseen: 1) Las semillas colectadas reúnen mejores cualidades genéticas que las colectadas en rodales naturales sin manejo, en particular en lo que se refiere a la productividad maderable, la adaptabilidad al terreno de plantación y las características del fuste y de la copa. 2) Se conocen los orígenes geográficos de los árboles progenitores, produciéndose así semilla de una fuente adecuada y con un destino específico, y 3) Son fuentes confiables de semilla bien adaptada a un costo moderado.

Clausen (1989) consideraba a las áreas semilleras como rodales naturales, especialmente seleccionados y manejados para la rápida y abundante producción de semillas.

Azamar y Benítez (1989) realizaron un estudio prospectivo para un área semillera de forma rectangular, de 350 x 325 m en el Parque Nacional Nevado de Toluca, con *Pinus montezumae*; ahí se localizó una superficie de 11.375 ha, que se dividió en un territorio central (1.875 ha) y otro de protección (9.50 ha), por 100 m de ancho. El trazo para el primero fue de 30 cuadrantes de 25 x 25 m y de 40 para la zona de protección en cuadrantes de 50 x 50 m. La intensidad de selección fue de 7 árboles por cada 625 m<sup>2</sup>, con un total de 208 individuos para el área central y 608 árboles para la de protección, con una distribución de 64 árboles/ha.



Flores (1990) precisó en 1987 el establecimiento de áreas semilleras en el estado de Chihuahua con el programa de mejoramiento genético forestal. El objetivo fue la producción masiva de semilla mejorada de seis especies de pino. Para la selección de los árboles se tomaron los siguientes criterios: árboles dominantes y codominantes libres de plagas o enfermedades, de fuste recto y sin bifurcaciones o torceduras, cuando menos 1/3 de fuste limpio de ramas originadas por una poda natural; copa circular y espesa, con indicios de haber producido semilla en años anteriores. Los resultados consistieron en el establecimiento de 30 áreas semilleras de *Pinus durangensis* Martínez, *P. engelmannii* Carr., *P. arizonica* Engelm., *P. herrerae* Martínez y *P. oocarpa* Schiede, en una superficie de 323.84 ha, de la cual 53.97 ha mide la zona central, el número promedio de árboles varió de 44 a 90/ha y en edad, de 53 a 103 años.

Alba *et al.* (1994) se refirieron al programa de mejoramiento genético que realiza el Instituto de Genética Forestal de la Universidad Veracruzana, que incluye el establecimiento de rodales semilleros de: de *Pinus greggii* (uno), de *P. teocote* Schl. & Cham. (tres) y de *P. oocarpa* (uno); selección de árboles, 25 de *P. greggii*, 30 de *P. oocarpa* y 90 de *P. teocote*, así como el establecimiento de una área semillera de *P. patula* Schiede ex Schtdl. *et* Cham., localizada en el ingenio El Rosario, Municipio de Xico, Veracruz.

Ortega (1996) informaba que en el estado de Durango se han establecido 15 áreas semilleras en un total de 150 ha, cuya superficie por área varió de 5 a 16 ha, con las especies: *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. engelmannii*, *P. herrerae*, *P. cooperi* Blanco y *P. teocote*.

Ortega y Orta (2001) llevaron acabo un diagnóstico en el estado de Chihuahua sobre las áreas y rodales semilleros así como de los árboles superiores seleccionados, con el objeto de uniformizar y cotejar en campo la información documental y ubicarlos geográficamente, además de describir cómo estaba cada una de las zonas productoras de semilla forestal de buena calidad genética. Los resultados revelaron la localización de 26 áreas semilleras, 8 rodales semilleros y 113 árboles superiores. Concluyeron que existe un descontrol en las actividades de recolección de semilla forestal, ya que no había un programa bien definido, ni tampoco un registro de las épocas de colecta. La mayoría de las fuentes presenta condiciones de completo abandono, con la consecuente falta de mantenimiento y carecen de un plan de manejo silvícola, y un buen número de ellas no cuenta con información dasométrica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de rodales. Con apoyo de cartografía y de fotografías aéreas, se identificó a los rodales de interés; en los recorridos de campo posteriores de las dos regiones forestales, quedaron definidas las mejores opciones para el establecimiento

de las áreas semilleras, las cuales fueron: Meseta Tarasca y Región Oriente de Michoacán (Cuadro 1).

Cuadro 1. Predios visitados para el establecimiento de las áreas semilleras por región en el estado de Michoacán.

Región Meseta Tarasca (Municipio de Nuevo Parangaricutiro)		Región Oriente	
1	Juritzicuario	1	Sabaneta
2	Cerro Prieto	2	Parcela Escolar
3	Parío	3	Los Azufres
4	Condembaro	4	Rincón de San Jerónimo
5	San Nicolás	5	De Gómez
6	Pantzingo	6	El Cuervo y La Guicha
		7	Cerrito del Gato
		8	El Aserrín
		9	La Resinera (municipio de Hidalgo)
		10	San José del Rincón
		11	San Agustín de Ucareo (Comunidad Indígena de Santa Ana Geráhuaro, municipio de Zinapécuaro)
		12	Ejido de Geráhuaro (Comunidad Indígena de Santa Ana Geráhuaro, municipio de Zinapécuaro)
		13	La Presa del Gachupín (Comunidad Indígena de Santa Ana Geráhuaro, municipio de Zinapécuaro)



En cada rodal se evaluaron las siguientes características:

1. Localización. Se privilegiaron las regiones en las que existe la necesidad de semilla para llevar a cabo reforestaciones o plantaciones comerciales.
2. Especies. Se escogió trabajar con *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies religiosa*.
3. Densidad de la masa. La selección de rodales se hizo con base en el número de árboles mayor, con respecto a la media de la población circundante, a fin de dejar un gran número de ejemplares después de la selección y que éstos se conservaran bajo las mismas condiciones.
4. Edad. Rodales que tuvieran una edad de 40 a 60 años.
5. Características dasométricas. Se evaluó el diámetro normal, la altura total, conformación del fuste y el tamaño de copa. Todos estos parámetros deben ser superiores al valor de la media de la población.
6. Accesibilidad. Con la finalidad de facilitar los trabajos de establecimiento, se optó por los rodales cuyo acceso ofreciera la mejor infraestructura durante la temporada de secas, ya que, en general, los caminos en terrenos forestales durante la temporada de lluvias son accidentados.
7. Topografía. Se seleccionaron los rodales planos o menos irregulares, con una pendiente no mayor al 40%.
8. Superficie. El tamaño es entre 9 y 16 ha.
9. Datos generales del área. Se ponderó la incidencia de incendios, plagas y enfermedades, problemas de litigio, los aprovechamientos o sus antecedentes y la presencia de algún siniestro natural que pudiera afectar el área.

## Descripción de las áreas de estudio

Localización.- Los rodales seleccionados para el establecimiento de las áreas semilleras pertenecen a dos de las cinco regiones forestales del estado de Michoacán (Figura 1), de acuerdo a la regionalización realizada por la Secretaría de Desarrollo Forestal del Estado de Michoacán (SDAF, 1995) que son: Meseta Tarasca y Oriente, los municipios, y la posición geográfica de cada área semillera son: Área semillera ubicada en el municipio de Nuevo Parangaricutiro (N 19° 27' 36", W 102° 12' 26"), y Zinapécuaro (N 19° 49' 27", W 100° 38' 45") y altitudes de 2,685 a 2,900 m, respectivamente.

Clima.- Sobre el área semillera de Nuevo Parangaricutiro predomina un clima C(m)(w), templado húmedo con abundantes lluvias en verano, porcentaje

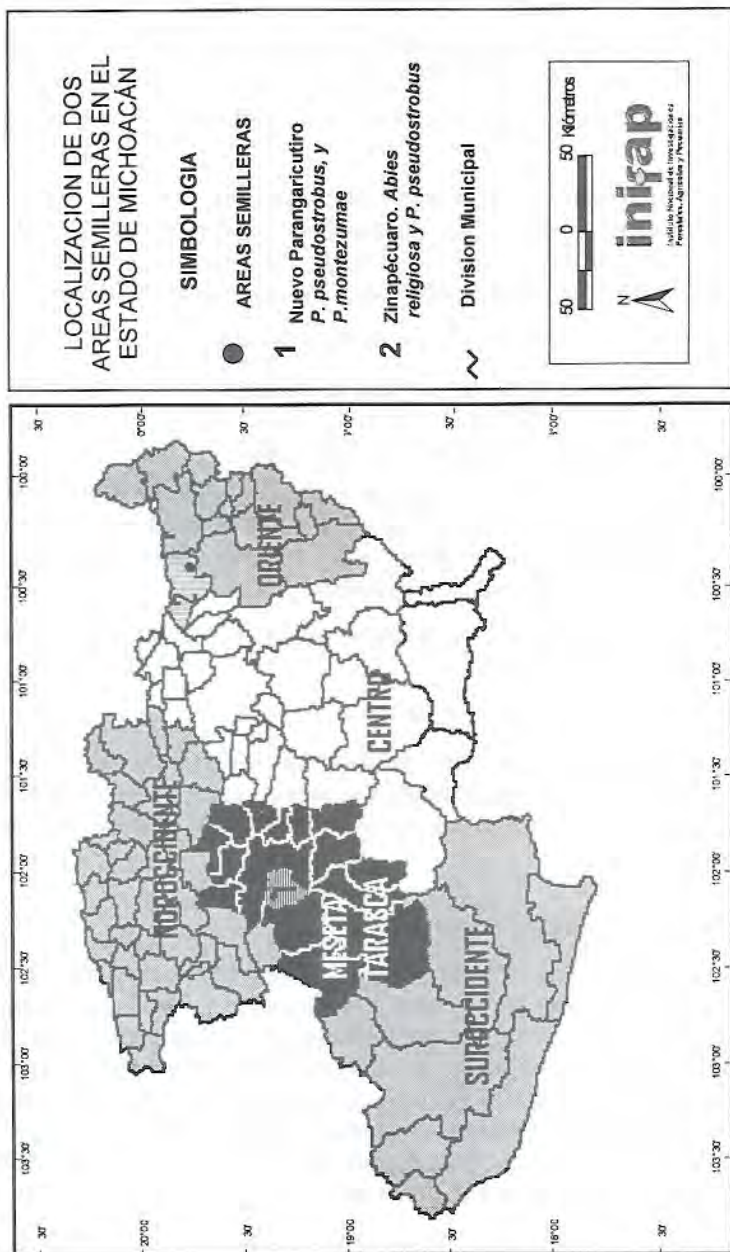


Figura 1. Ubicación geográfica de dos áreas semilleras de coníferas en dos regiones forestales del estado de Michoacán

En cada rodal se evaluaron las siguientes características:

1. Localización. Se privilegiaron las regiones en las que existe la necesidad de semilla para llevar a cabo reforestaciones o plantaciones comerciales.
2. Especies. Se escogió trabajar con *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies religiosa*.
3. Densidad de la masa. La selección de rodales se hizo con base en el número de árboles mayor, con respecto a la media de la población circundante, a fin de dejar un gran número de ejemplares después de la selección y que éstos se conservaran bajo las mismas condiciones.
4. Edad. Rodales que tuvieran una edad de 40 a 60 años.
5. Características dasométricas. Se evaluó el diámetro normal, la altura total, conformación del fuste y el tamaño de copa. Todos estos parámetros deben ser superiores al valor de la media de la población.
6. Accesibilidad. Con la finalidad de facilitar los trabajos de establecimiento, se optó por los rodales cuyo acceso ofreciera la mejor infraestructura durante la temporada de secas, ya que, en general, los caminos en terrenos forestales durante la temporada de lluvias son accidentados.
7. Topografía. Se seleccionaron los rodales planos o menos irregulares, con una pendiente no mayor al 40%.
8. Superficie. El tamaño es entre 9 y 16 ha.
9. Datos generales del área. Se ponderó la incidencia de incendios, plagas y enfermedades, problemas de litigio, los aprovechamientos o sus antecedentes y la presencia de algún siniestro natural que pudiera afectar el área.

## Descripción de las áreas de estudio

Localización.- Los rodales seleccionados para el establecimiento de las áreas semilleras pertenecen a dos de las cinco regiones forestales del estado de Michoacán (Figura 1), de acuerdo a la regionalización realizada por la Secretaría de Desarrollo Forestal del Estado de Michoacán (SDAF, 1995) que son: Meseta Tarasca y Oriente, los municipios, y la posición geográfica de cada área semillera son: Área semillera ubicada en el municipio de Nuevo Parangaricutiro (N 19° 27' 36", W 102° 12' 26"), y Zinapécuaro (N 19° 49' 27", W 100° 38' 45") y altitudes de 2,685 a 2,900 m, respectivamente.

Clima.- Sobre el área semillera de Nuevo Parangaricutiro predomina un clima C(m)(w), templado húmedo con abundantes lluvias en verano, porcentaje



Cuadro 2. Especies vegetales asociadas a los rodales de las dos áreas semilleras por estrato vertical

No.	Especie	Estrato		
		Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo
1	<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	x		
2	<i>Alnus jorullensis</i> spp. <i>lutea</i> Furlow			x
3	<i>Arbutus xalapensis</i> (HBK.)			x
4	<i>Archibaccharis serratifolia</i> (H.B.K.) Blake		x	
5	<i>Baccharis conferta</i> HBK		x	
6	<i>Baccharis heterophylla</i> H.B.K.		x	
7	<i>Cirsium ehrenbergii</i> Schp. Bip.		x	
8	<i>Cirsium pinetorum</i> Greenm.		x	
9	<i>Crataegus pubescens</i> (HBK.) Steud.			x
10	<i>Crotalaria pumila</i> Ort.		x	
11	<i>Desmodium molliculum</i> (H.B.K.) DC.	x		
12	<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.		x	
13	<i>Lupinus bilineatus</i> Benth.	x		
14	<i>Lupinus campestris</i> Cham. & Schlecht.	x		
15	<i>Piquería trinervia</i> Cav.	x		
16	<i>Prunus serotina</i> spp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh			
17	<i>Pteridium aquilinum</i> L. Kuhn.	x		
18	<i>Quercus laurina</i> Humb. et Bonpl.			x
19	<i>Salvia mexicana</i> L.		x	
20	<i>Senecio angulifolius</i> DC:		x	
21	<i>Senecio mexicanus</i> McVaugh		x	
22	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	x		
23	<i>Ternstroemia pringlei</i> Rose	x		

Toma de datos de campo.- En esta fase se describió la dasometría de las áreas de interés (especie, diámetro normal (DN), altura total y de fuste limpio, tamaño de copa, conformación del fuste, clase silvícola y edad); la información se vació en formatos diseñados *ex professo*.

Datos edáficos.- Con el propósito de conocer la composición física y química de los suelos en las dos áreas semilleras, se tomaron dos muestras de suelos a una profundidad aproximada de 45 cm en la zona de certificación, mismas que posteriormente se mandaron al laboratorio para su respectivo análisis.

Selección de árboles superiores.- Para la selección y marcado de árboles superiores en las dos áreas semilleras se utilizó el sistema de "Árboles testigo o por comparación" (Zobel y Talbert, 1988). La búsqueda de los candidatos se realizó sistemáticamente en las áreas semilleras y se les comparó con los cinco mejores árboles testigos circundantes de la misma especie. Las características consideradas se refieren al porte (Diámetro normal con corteza (DN), altura total, altura del fuste limpio (poda natural), tamaño de copa, edad, ajuste por edad y volumen, además del diámetro y ángulo de ramas, forma de la copa y rectitud del fuste).

El árbol candidato, al igual que los cinco árboles testigo, eran dominantes y la distancia mínima de 100 m entre los individuos seleccionados, mismos que se señalaron con una franja roja a una altura aproximada de 1.50 m en la parte superior del cinturón marcado de la zona de certificación o de protección. Las características de edad, altura y DN se midieron en todos los árboles. La conformación de la copa, poda natural, el ángulo de las ramas, se registraron subjetivamente comparando visualmente las características de los árboles candidatos y los testigos. La rectitud del fuste se tomó únicamente del primero sin considerar la condición de los fustes de los demás.

Los árboles candidatos con más de tres años con respecto al promedio de los árboles testigo, fueron rechazados, ya que es necesario tener la certeza que la edad no diferirá ampliamente entre los árboles y que las expresiones relativas de crecimiento, forma, tolerancia a las enfermedades y adaptabilidad no se confundirán con los efectos de la edad (Zobel y Talbert, 1988).

Intensidad de selección.- La intensidad de selección en cada área se determinó utilizando el inventario de los árboles semilleros seleccionados y el inventario de los árboles por extraer; estos datos se conjuntaron y se obtuvo la relación de los árboles que quedarían en pie y los árboles que serían derribados con respecto al total existente en la superficie y se expresó en porcentaje.



Aplicación de aclareos.- Los Prestadores de Servicios Técnicos Forestales responsables de cada área realizaron el inventario del arbolado por remover, mismos que se eliminaron de cada rodal y los mejores árboles se conservaron para cruzarlos (árboles semilleros), para lo cual se les marcó en la zona de certificación y la de protección.

## RESULTADOS

### Selección de rodales

De acuerdo a los resultados de la evaluación física del estado actual del arbolado, de los 17 rodales visitados se seleccionaron dos para el establecimiento de las áreas semilleras, éstas se ubican en el paraje Juritzicuaro y Presa del Gachupín pertenecientes a la comunidad indígena de Nuevo Parangaricutiro y de Santa Ana Geráhuaro de los municipios de Nuevo Parangaricutiro y Zinapécuaro, respectivamente. En cada rodal seleccionado se obtuvo un croquis que contiene información climática, edáfica y ubicación geográfica.

### Superficie total

Las dos áreas semilleras cubren una superficie total de 31 ha, de éstas, 8 ha corresponden a la zona de certificación y 23 ha a la de protección. Estos resultados muestran que las dos áreas semilleras se lograron establecer en una superficie dentro del rango recomendado por Niembro (1985), ya que tradicionalmente las áreas semilleras se han venido estableciendo en otros estados en una superficie máxima de 16 ha. Sin embargo, su tamaño puede variar dependiendo tanto de la especie como de la cantidad de semilla requerida.

### Forma y tamaño

El área semillera del municipio de Zinapécuaro tiene forma cuadrada, de 400 m de longitud por cada lado y la de Nuevo Parangaricutiro es rectangular, de 250 x 600 m; ambos diseños concuerdan con lo mencionado por Azamar y Benítez (1989), para fines de un buen manejo.

El trazo de cada área se realizó en cuadrantes de 50 x 50 m y de 50 x 75 m (en el caso del área de Nuevo Parangaricutiro), para ello se levantaron un total de 112 cuadrantes en las dos áreas, 32 en la zona de certificación y 80 en la de protección.

### Distribución del arbolado por zona de certificación y de protección

La distribución del arbolado en cada una de las zonas que forman parte de cada

área semillera se distribuye así: el área de Nuevo Parangaricutiro con un total de 512 árboles (125 en la zona de certificación y 387 en la de protección) y Zinapécuaro con 976 árboles (268 en zona de certificación y 708 en la de protección) (Figura 2).



Figura 2. Número de árboles seleccionados en dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.

### Densidad y espaciamento promedio

La densidad correspondiente en la zona de certificación de cada una de las áreas semilleras es la siguiente: el área que presenta la mayor densidad de arbolado es la de Zinapécuaro, con 61 árboles/ha y un espaciamento promedio de 12.80 m y Nuevo Parangaricutiro con 34 árboles/ha y espaciamento de 17.15 m (Figura 3).

Así mismo, en las dos áreas semilleras el número de árboles seleccionados está dentro del intervalo recomendado, que es de 30 a 65 árboles/ha (Niembro, 1985).

Para obtener una buena producción de semilla es fundamental que las copas de los árboles para cosecha estén expuestas a la luz solar plena, por lo menos en tres de sus costados; esto se logra por efecto del espaciamento.

### Árboles totales por zona y porcentaje

En total se seleccionaron 1,488 árboles semilleros en las dos áreas, de los cuales 393 árboles pertenecen a la zona de certificación y 1,095 árboles en la

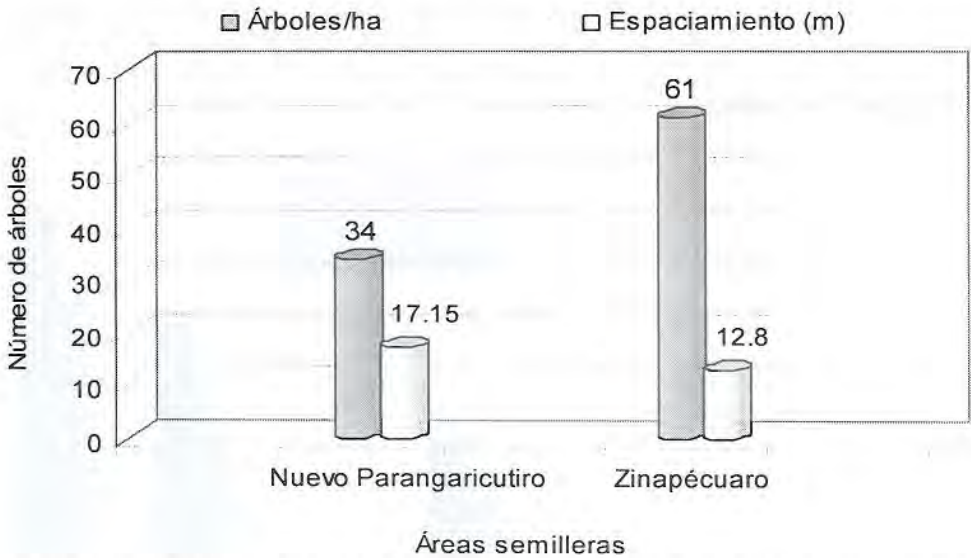


Figura 3. Densidad y espaciamento promedio de los árboles semilleros en dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.

de protección, que corresponde a una relación de tres árboles seleccionados en la zona de protección por uno en la zona de certificación.

La proporción de árboles por especie se distribuye de la siguiente forma: 1,188 de *P. pseudostrobus*, que equivalen a 79.84% del total; 188 árboles de *Abies religiosa* (12.63%) y 112 árboles de *P. montezumae* (7.53%) (Figura 4).

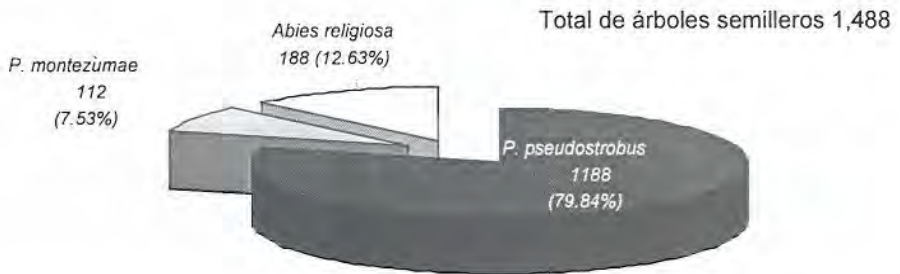


Figura 4. Número y porcentaje de especies seleccionadas en dos áreas semilleras del estado de Michoacán

Es importante destacar que dentro del Programa de Plantaciones Forestales Comerciales de Michoacán (PROPLANMI), el 69% de las especies establecidas corresponden al género *Pinus*, del que sobresale *P. pseudostrobus*, lo que sugiere la gran demanda de semilla de esta especie para este programa (COFOM, 2003c).

### Número total por especie y por área

El número total de árboles por especie en cada área semillera fue: Nuevo Parangaricutiro 400 de *P. pseudostrobus* y 112 árboles de *P. montezumae*, y Zinapécuaro 788 árboles de *P. pseudostrobus* y 188 de *A. religiosa* (Figura 5).

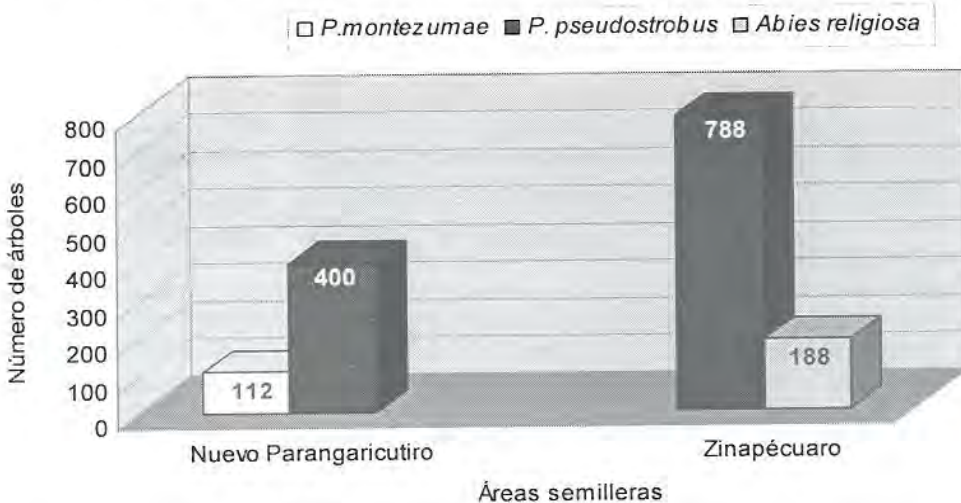


Figura 5. Número de árboles por especie en las áreas semilleras seleccionadas

En la Figura 5 se puede apreciar que las dos áreas semilleras forman masas mezcladas compuestas por dos especies, ya que en el caso del área de Nuevo Parangaricutiro, se compone de *P. pseudostrobus* con el 78.13% y *P. montezumae* con el 21.87%, y en el área de Zinapécuaro el 61.47% corresponde a *P. pseudostrobus* y el 38.53% a *A. religiosa*.

### Aplicación de aclareos

De acuerdo a los resultados del inventario realizado en el rodal propuesto para el establecimiento del área semillera en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, los volúmenes por remover fueron de 4,176.332 m<sup>3</sup> VTA



y el volumen residual de los árboles semilleros 2,013.091 m<sup>3</sup> VTA. En el rodal para el establecimiento del área semillera en el municipio de Zinapécuaro, el primer volumen fue de 3,764.673 m<sup>3</sup> VTA y el residual 4,270.466 m<sup>3</sup> VTA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Volúmenes residual y por remover de los rodales seleccionados para el establecimiento de las dos área semilleras en el estado de Michoacán.

Área semillera de Nuevo Parangaricutiro, Mich.					
Volumen por Remover			Volumen Residual de Pino		
Especies	Volumen (m <sup>3</sup> VTA)	Zona	Superficie (ha)	Numero árboles	Volumen (m <sup>3</sup> VTA)
Pino	3,966.499	Protección	11.00	388	1,510.401
Encino	145.988	Certificación	4.00	125	502.690
Otras latifoliadas	63.845				
Total	4,176.332	Total	15.00	513	2,013.091

Área semillera de Zinapécuaro, Mich.					
Volumen por Remover			Volumen Residual de Pino-Oyamel		
Especies	Volumen (m <sup>3</sup> VTA)	Zona	Superficie (ha)	Numero árboles	Volumen (m <sup>3</sup> VTA)
Pino	2,600.321	Protección	12.00	708	2,980.327
Encino	69.509	Certificación	4.00	268	1,290.139
Otras latifoliadas	81.054				
Oyamel	1,013.789				
Total	3,764.673	Total	16.00	513	4,270.466

Los aclareos se realizaron de febrero hasta agosto del 2005, con una intensidad de corta del 46.85% y 67.48 para el área de Zinapécuaro y Nuevo Parangaricutiro, respectivamente.

### Intensidad de selección

La intensidad de selección de los árboles semilleros por área, corresponde a Nuevo Parangaricutiro con 42.90% y el área de Zinapécuaro con 41.44% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Intensidad de selección de las dos áreas semilleras establecidas en el estado de Michoacán.

Área semillera (Municipio)	Intensidad de selección (%)		Intensidad de selección Promedio (%)
	Zona de Certificación	Zona de Protección	
Nuevo Parangaricutiro	48.06	37.73	42.90
Zinapécuaro	44.07	38.81	41.44

La información dasométrica de los árboles en las dos áreas se muestra en el Cuadro 5.

No existen limitaciones en cuanto a la edad para el establecimiento de las áreas semilleras, excepto que los rodales deberán ser lo suficientemente maduros para producir semilla; árboles de 25 a 50 años de las especies de pino se consideran adecuados para este propósito (Niembro, 1985). Con base en lo anterior, en este caso, se establecieron las áreas con la edad óptima para la producción de semilla.

### Diámetro normal

En el área de Nuevo San Juan Parangaricutiro, el DN de *P. pseudostrobus* fue de 57.50 cm a la edad de 52 años y en *P. montezumae* de 45.19 cm a la edad de 50 años; en Zinapécuaro las especies *P. pseudostrobus* y *A. religiosa* tienen 63.26 y 39.86 cm de DN a la edad de 50 y 45 años, respectivamente (Cuadro 5).

Este mayor crecimiento en diámetro para *P. pseudostrobus* posiblemente se debe a que en el área semillera de Zinapécuaro se presenta una mejor calidad de sitio, con respecto a la de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Cuadro 5. Datos promedio resultado de la caracterización dasométrica de los árboles semilleros en dos áreas semilleras del estado de Michoacán.

Área semillera (Municipio)	Especie	Edad (años)	Diámetro normal (cm)	Altura total (m)	Altura de fuste limpio (m)	Diámetro de copa (m)
Nuevo Parangaricutiro	<i>Pinus pseudostrabus</i>	52	57.50	34.84	16.83	10.72
	<i>Pinus montezumae</i>	50	45.19	31.33	15.94	8.64
Zinápecuaro	<i>Pinus pseudostrabus</i>	50	63.26	34.99	16.42	8.60
	<i>Abies religiosa</i>	45	39.86	27.05	11.12	7.06

### Altura total/árbol

Con respecto a la altura total promedio por especie y por área se tienen los siguientes valores: en Nuevo Parangaricutiro, *P. montezumae* presentó una altura de 31.33 m y *P. pseudostrabus* alcanzó 34.84 m; en las áreas de Zinápecuaro esta misma especie registró 34.99 m (que fue la más alta) y *A. religiosa*, 27.05 m (Cuadro 5). La altura máxima puede responder a que en esta área se verifica una mejor calidad de sitio, además de que presenta una mayor densidad de arbolado, a pesar de que los árboles tenían una edad menor.

Los incrementos en diámetro y altura se presentan en el Cuadro 6.

La especie con el mayor IMAD fue *P. pseudostrabus*, con valores de 1.27 cm e igualmente en el IMAA con 0.70 m en el área de Zinápecuaro (Cuadro 6). Esto puede deberse al rápido crecimiento en comparación a *P. montezumae* y *A. religiosa*.

Con la aplicación de los aclareos, se espera que aumente tanto el diámetro como la altura por efecto de densidad poblacional y espaciamiento.

Cuadro 6. Incremento medio anual (IMA) en diámetro y altura de tres especies de coníferas en dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.

Municipio	Especie	Incremento Medio Anual (IMA)	
		(IMAD) (cm)	(IMAA) (m)
Nuevo Parangaricutiro	<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.10	0.67
	<i>Pinus montezumae</i>	0.90	0.62
Zinapécuaro	<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.27	0.70
	<i>Abies religiosa</i>	0.89	0.60

### Altura de fuste limpio (AFL)

Las alturas de fuste limpio presentaron un rango de variación de 11.12 a 16.83 m, y la mayor AFL fue para *P. pseudostrobus* con 16.83 m en el área de Nuevo Parangaricutiro, Mich. (Cuadro 5).

### Tamaño de copa

El mayor tamaño de copa es para *P. pseudostrobus* con 10.72 m en el área semillera de Nuevo Parangaricutiro y el menor para *A. religiosa* con 7.06 m en el área de Zinapécuaro (Cuadro 5). En términos generales se muestra la gran variación respecto al tamaño de copa de los árboles semilleros de las diferentes especies y en las dos áreas, sin embargo, al igual que la relación entre la densidad del arbolado y su tamaño de copa, éstas se beneficiarán aún más con los aclareos, donde los árboles semilleros recibirán mayor cantidad de luz, lo cual repercutirá en una mayor producción de semilla.

### Propiedades físicas y químicas de los suelos

En el Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de las propiedades de los suelos muestreados en las dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.



Cuadro 7. Resultados de laboratorio de las características físicas y químicas de suelos de dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.

Localidad	Materia orgánica (%)	pH	Textura
Nuevo Parangaricutiro	2.91	5.84	Franca
Zinapécuaro	2.54	6.07	Franca-arenosa

El pH es moderadamente ácido para ambas áreas y está dentro de los valores recomendados para la mayoría de las coníferas, que es de 5.5 a 6.5 (Zobel y Talbert, 1988).

Respecto a los elementos mayores principales como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), el primero está en concentraciones muy bajas para las dos áreas; el segundo y tercero presenta niveles de muy bajo a bajo (Figura 6).

Los elementos del suelo se encuentran en la siguiente condición: el Azufre (S) está en concentraciones muy bajas, el Calcio (Ca) está bajo, al igual que el Magnesio (Mg), mientras que el Hierro (Fe) está muy altas y el Cobre (Cu) de medio a moderadamente alto; los demás elementos (B, Zn, Mn, Na y Al) presentan concentraciones de muy bajo a bajo (Figura 6).

En general, en los suelos de las dos áreas semilleras los elementos mayores como el N, P y K están presentes en concentraciones bajas a muy bajas, lo que indica que durante las futuras labores culturales se podría incluir la fertilización, para estimular la mayor producción de frutos y semillas, además de promover el crecimiento y desarrollo de los árboles.

### Selección de árboles superiores

Del total de árboles semilleros se seleccionaron únicamente 38 árboles superiores (Cuadro 8), que fueron los que alcanzaron el mayor puntaje en la mayoría de las características evaluadas y corresponde a una intensidad de selección del 2.6%. Sin embargo, es necesario continuar con la selección de árboles superiores de *P. montezumae*, ya que está por debajo del número de clones empleados comúnmente para el establecimiento de huertos semilleros, que son de 30 a 50 (Zobel y Talbert, 1988). De *P. pseudostrobus* ya se cuenta con el número mínimo de árboles superiores necesario para desarrollar un huerto semillero clonal, aunque sería recomendable contar con un mayor número de clones, con la finalidad de asegurar una base genética amplia.

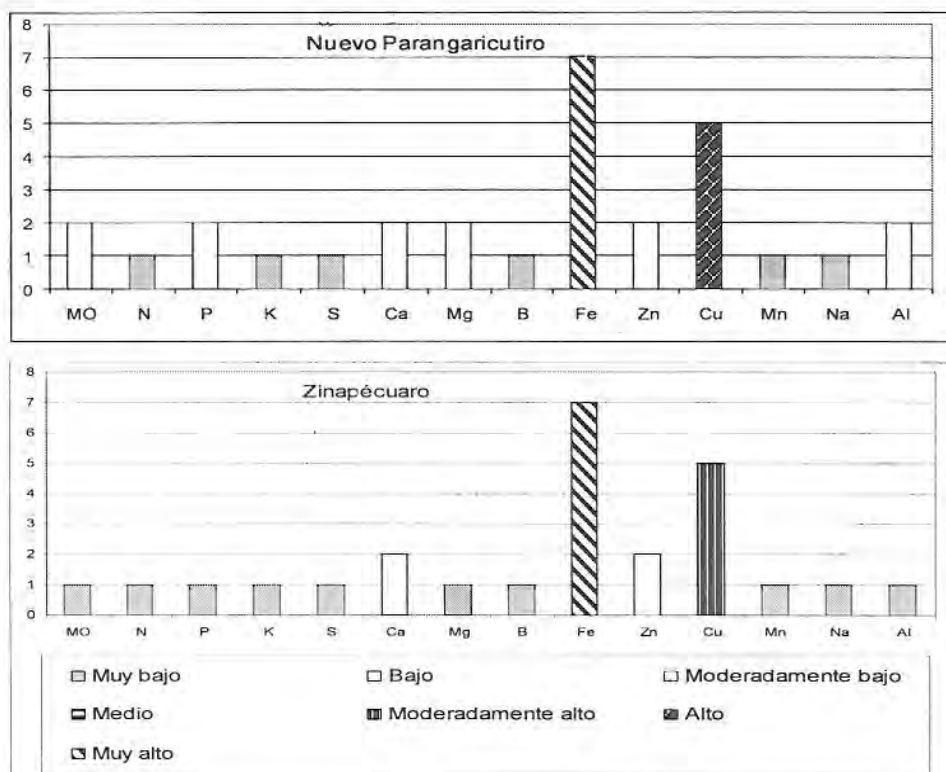


Figura 6. Elementos mayores y menores en los suelos de dos áreas semilleras en el estado de Michoacán.

Cuadro 8. Número total de árboles superiores seleccionados por especie en dos áreas semilleras del estado de Michoacán.

Área semillera (Municipio)	Especie			Número total de árboles superiores
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Abies religiosa</i>	
Nuevo Parangaricutiro	13	4	0	17
Zinapécuaro	21	0	0	21
Total	34	4	0	38

De los 38 árboles superiores seleccionados en las dos áreas semilleras, por especie corresponden 34 individuos a *P. pseudostrobus*, que representa el 89.47% y *P. montezumae* con 4 árboles, que es el 10.53%. Por área semillera, quedaron distribuidos de la siguiente manera: 13 árboles de *P. pseudostrobus* y 4 de *P. montezumae* que corresponden al total de 17 árboles superiores del área semillera de Nuevo Parangaricutiro y 21 árboles superiores de *P. pseudostrobus* del área de Zinapécuaro (Cuadro 8).

Los resultados de la caracterización dasométrica de los árboles superiores, de las especies seleccionadas de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* se ordenan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Caracterización dasométrica de los árboles superiores seleccionados en las cinco áreas semilleras en el estado de Michoacán.

Área Semillera (Municipio)	Especie	Edad (años)	DAP (1.30 m)	Altura Total (m)	Altura del fuste limpio (m)	Tamaño de copa (m)	Volumen total por árbol (m <sup>2</sup> )
Nuevo Parangaricutiro	<i>Pinus pseudostrobus</i>	46	61	36	17	11	5.258
Zinapécuaro	<i>Pinus montezumae</i>	46	59	35	12	9	4.844
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	58	67	34	15	9	5.496

Como resultado de la selección de los árboles superiores, se elaboró un croquis de ubicación de los mismos en cada una de las áreas semilleras, además de la información dasométrica de cada uno de los árboles superiores, se incluyen sus coordenadas, con la finalidad de localizar en un futuro los árboles plus cuando se realicen las actividades de colecta de púas, para establecer los huertos semilleros clonales en el estado de Michoacán.

Algunos de estos ejemplares quedaron ubicados a distancias inferiores a 100 m, ya que se recomienda esta dimensión como distancia mínima entre ellos con el fin de reducir la consanguineidad. Sin embargo, debido a sus buenas características fueron marcados y seleccionados para utilizarlos en huertos semilleros de investigación o bancos clonales, donde los individuos emparentados pueden

mantenerse juntos, si se desea que el establecimiento del huerto sea eficaz y facilite el movimiento del ramet de un clon a otro, en el caso de polinizaciones controladas (Zobel y Talbert, 1988).

## CONCLUSIONES

Las áreas semilleras están integradas por ejemplares cuya edad es promisoría para efectos de producción de semilla. De las especies consideradas, *Pinus pseudostrabus*, fue siempre la población mejor representada, tanto por densidad forestal, como por registrar las mayores dimensiones dasométricas y los incrementos en diámetro y altura. Por las dimensiones y características de espaciamiento entre los árboles, se espera obtener resultados exitosos en las dos áreas semilleras establecidas en el estado de Michoacán.

## REFERENCIAS

- Alba L., J., L. Mendizábal H. y J. Márquez R. 1994. Avances del mejoramiento genético en el estado de Veracruz. Red Mexicana de Germoplasma Forestal. PRONARE. SEMARNAT. México. pp. 93-96.
- Azamar O., M. y R. Benitez T. 1989. Estudio prospectivo para el establecimiento de un área semillera en el Parque Nacional Nevado de Toluca. 1ª Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Publicación Especial No. 13. Dir. Gral. de Invest. y Cap. Ftal. SARH. México. pp. 787-789.
- Clausen K., E. 1989. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. Curso Mejoramiento Genético Forestal. Centro de Genética Forestal A. C. México. pp. 52-61.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003a. Programa de Plantaciones Forestales de Michoacán. Bosques y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1 Época 1. No. 3. COFOM. Morelia. Michoacán. pp. 6-7.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003b. Resultado del Programa Estatal de Reforestación 2003. Bosques y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1 Época 1. No. 3. COFOM. Morelia. Michoacán. pp. 8-9.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003c. Plan de Desarrollo Forestal Sustentable de Michoacán (2002-2008). Bosques y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1. Época 1. No. 1. COFOM. Morelia, Mich. México. pp. 11-13.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003d. Establecimiento de Plantaciones Forestales. Bosques y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1. Época 1. No. 1. COFOM. Morelia, Mich. México. pp. 20-21.



- Delgado V., P. 1992. Aspectos biológicos de conos y semillas de tres especies de *Pinus*, en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 86 p.
- Flores L., C. 1990. Establecimiento de rodales y áreas semilleras en el estado de Chihuahua. México. Folleto Técnico No 5. Campo Experimental Madera, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. 13 p.
- Niembro R., A. 1985. Preguntas y respuestas más comunes relacionadas con el establecimiento y manejo de áreas semilleras. Boletín Técnico No. 22. Serie Técnica. Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, Edo. de Méx. México. pp. 4-6.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F. México. 85 p.
- Ortega C., C. 1996. Producción, cosecha y manejo de semillas de tres especies forestales en la región norte de México. Folleto Técnico No. 6. Campo Experimental Madera, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. 37 p.
- Ortega C., C. y V. Orta G. 2001. Diagnóstico de áreas y rodales semilleros y árboles superiores en el estado de Chihuahua. Folleto Técnico No. 16. Campo Experimental Madera, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. 37 p.
- Patiño V., F. 1983. Primeras jornadas forestales hispano-mexicanas. Publicación Especial No. 41. SFF. INIF. México. pp. 82-85.
- Patiño V., F. y R. Villarreal C. 1976. Algunos conceptos para el establecimiento de áreas semilleras. Revista Ciencia Forestal. Vol. 1, No 2. SAR. INIF. México. pp. 16-32.
- Quiñonez A., V. 2003. Programa Estatal de Reforestación 2002. Bosques y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1. Época 1. No. 1. COFOM. Morelia, Mich. México. pp. 17-19.
- Sáenz R., C. y R. Lindig, C. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. Ciencia Nicolaita. No. 37. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. pp. 107-120.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SDAF) 1995. Inventario Forestal Estatal Región Meseta Tarasca. Gobierno del Estado de Michoacán. México. 37 p.
- Zobel B., J. y T. Talbert J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. México, D. F. México. pp. 199-244.

# POTENCIAL PRODUCTIVO EN EL DISTRITO FEDERAL PARA ÁRBOLES DE NAVIDAD Y ARBUSTOS DE USO MÚLTIPLE

Ceferino Ortiz Trejo<sup>1</sup>, Francisco Camacho Morfín<sup>2</sup>,  
Eulogio Flores Ayala<sup>3</sup> y Pilar de la Garza López de Lara<sup>2</sup>

## RESUMEN

El Distrito Federal conserva una superficie rural que abarca cerca de 50% de su territorio. Para apoyar a su preservación mediante el desarrollo forestal, en el presente estudio se determinaron áreas de buena productividad para establecer especies utilizadas como árboles de Navidad (*Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, *Pinus cembroides*, *Pinus greggii* y *Pinus maximartinezii*), tutores hortícolas (*Dodonaea viscosa*) y forraje (*Atriplex numularia* y *Eysenhardtia polystachya*). Lo anterior se realizó mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), para relacionar los requerimientos agroecológicos de las especies con características del medio físico (topografía, altura sobre el nivel del mar, precipitación pluvial, temperatura máxima, mínima, media, evaporación, unidades de suelo, pH del mismo, contenido de materia orgánica, textura, profundidad, pendiente y exposición geográfica). Los resultados indican que más de 80% de la superficie forestal de la entidad estudiada reúne características favorables para la producción de árboles tales como el *Pinus greggii*, *Abies religiosa* y *Pinus cembroides*. Para *Pinus ayacahuite* y *Pinus maximartinezii* el área es menor (68 y 33%, respectivamente). Las zonas en que los arbustos de uso múltiple *Dodonaea viscosa*, *Atriplex numularia* y *Eysenhardtia polystachya* pueden tener buena productividad, se ubican la zona rural de la Delegación Tláhuac.

**Palabras clave:** Árboles de Navidad, arbustos de uso múltiple, desarrollo forestal, Distrito Federal, potencial productivo, territorio rural.

Fecha de recepción: 19 de octubre de 2005.

Fecha de aceptación: 18 de febrero de 2008.

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle de Toluca, Centro de Investigación Regional Centro, INIFAP. Correo-e: [ortiz.ceferino@inifap.qcb.mx](mailto:ortiz.ceferino@inifap.qcb.mx)

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Valle de México, Centro de Investigación Regional Centro, INIFAP.

## ABSTRACT

Distrito Federal has a rural area that covers near 50% of its territory. In order to support its conservation through forests, through this project were determined the production areas for the establishment of species used as Christmas trees (*Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, *Pinus cembroides*, *Pinus greggii* and *Pinus maximartinezii*), horticultural stalks (*Dodonaea viscosa*) and forage (*Atriplex numularia* and *Eysenhardtia polystachya*). The study was carried out by using GIS (geographical information system) in order to relate agroecological requirements of the forest species with physical characteristics of the environment (topography, altitude above sea level, precipitation, maximal, minimal and average temperature, evaporation, soil units, pH, organic matter content, texture, soil depth, slope and geographic exposition). Results show that over 80 percent of the forest surface of the study area has good conditions for the Christmas trees species (*Pinus greggii*, *Abies religiosa* and *Pinus cembroides*). On the other hand, for *Pinus ayacahuite* (68 per cent) and *Pinus maximartinezii* (33 per cent) the area is smaller. The zones in which the multiple use shrubs (*Dodonaea viscosa*, *Atriplex numularia* and *Eysenhardtia polystachya*) can have good productivity are located in the rural zone of Tlahuac.

**Key words:** Christmas trees, multiple use shrubs, forest development, Distrito Federal, productive potential, rural territory.

## INTRODUCCIÓN

La productividad de las especies vegetales depende de muchos factores, tanto del ambiente (topografía, clima y suelo) como del manejo controlado. Los edáficos varían notoriamente en el espacio, mientras que a través del tiempo y por su interacción con los elementos climáticos, las modificaciones son lentas y, por lo tanto, menos evidentes; sin embargo, algunas características del suelo pueden ser ajustadas favorable o desfavorablemente mediante prácticas culturales, a corto o mediano plazo.

Los elementos del clima cambian en el espacio y a través del tiempo, pero únicamente pueden ser estudiados para conocer su variación de un lugar a otro y durante el año a fin de aprovechar sus beneficios al máximo, o bien, evitar los efectos dañinos que acarrearán. Las plantas que se explotan comercialmente tienen que estar en las condiciones más adecuadas del medio físico para que se logre obtener la máxima productividad en forma sostenida y, como consecuencia, las mayores utilidades respecto a las inversiones que se realizan, alcanzar una eficiencia energética, para redundar, finalmente, en la conservación de los recursos naturales.

Desafortunadamente en México es frecuente que las bases de datos de clima y suelo no estén disponibles ni sistematizadas para su fácil manipulación por parte de las entidades que realizan la planeación rural. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) con el apoyo del Grupo Produce A. C. Distrito Federal, realizó una serie de trabajos que pretenden cubrir estas necesidades para la entidad capitalina (Ortiz *et al.*, 2006). El presente estudio se deriva de estas actividades y se enfocó a conocer el potencial productivo de especies forestales, que está determinado por sus interrelaciones con el clima, el suelo y el manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### La zona de estudio

El denominado Valle de México, una cuenca cerrada aledaña al Eje Neovolcánico, puede dividirse en tres zonas con base en dos pequeñas sierras que penetran de forma transversal en sus planicies: al norte de la sierra de Guadalupe está la región de Zumpango y Xaltocan, al sur de dicho relieve y al norte de la Sierra de Santa Catarina, la región centro o de México y Texcoco y al sur de la misma, la región de Xochimilco y Chalco; la altitud del fondo de la cuenca es cercana a los 2250 m (Figura 1) (Camacho, 2003).

El Distrito Federal (D. F.) con coordenadas cercanas a los 19° 20' de latitud norte y 99° 05' de longitud oeste, está ubicado en la parte oeste del Valle de México, en sus secciones media y sur; orográficamente comprende planicies que estuvieron ocupadas por lagos y las montañas que las cercan en su periferia norte, poniente y sur. El área denominada de conservación del Distrito Federal, se extiende sobre casi la mitad de su territorio y sus límites se indican en el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2001 (PAOT, 2001a; PAOT, 2001b).

Esta entidad, a pesar de contener a la Ciudad de México que es una de las metrópolis más grandes del mundo (PAOT, 199), posee una superficie rural amplia que incluye bosques, suelos de uso pecuario y agrícola, tanto de temporal como de riego, además de la chinampería practicada en las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac, la cual consiste de parcelas rodeadas por anchos canales llenos de agua, en las que aún se emplean técnicas prehispánicas de producción vegetal intensiva (Gutiérrez y Camacho, 2002; Camacho, 2003 y 2004).

Área montañosa.- El relieve supera en muchos casos los 3000 msnm y básicamente es resultado de la actividad volcánica, que ha tenido diferentes etapas:

1ª) Vulcanismo antiguo, que es responsable de la formación de las montañas de la parte norte (Sierra de Guadalupe) y la poniente (Sierra de las Cruces); sus





materiales rocosos con frecuencia consisten en tobas que forman masas continuas de gran tamaño, conocidas como tepetates, con bajo poder de absorción de agua. Sobre este material se despliegan suelos arcillosos, muy susceptibles a la erosión, por lo que es común la exposición de toba y su desgaste.

2ª) Vulcanismo reciente, que produjo el relieve del sur de la entidad (Sierra del Ajusco) y el de la Sierra de Santa Catarina, caracterizado por la presencia de basaltos y ceniza volcánica. En la mayor parte del área se tiene una mezcla de estos materiales, lo que forma suelos pedregosos que hacen posible una gran infiltración de agua. Hay derrames de lava, como el Pedregal de San Ángel, que forman capas más o menos continuas de basalto, con muy escaso suelo.

Área de planicie.- Las partes planas del Distrito Federal se originan principalmente, de cuerpos de agua que fueron desecados. Tienen suelos profundos y salitrosos, sobre todo los provenientes del Lago de Texcoco, y en menor medida, de los lagos de Xochimilco y Chalco.

Climatología.- Por su localización latitudinal, el D. F. se encuentra dentro de la zona intertropical, aunque debido a su altitud el clima es templado, con temperaturas medias anuales que van de cerca de 17°C en la planicie, y 12°C a unos 2800 msnm en las montañas, lo cual define la zona templada; a mayor altitud se tiene una zona semifría. En todo caso se presenta un período libre de heladas que comprende desde finales de marzo a finales de septiembre.

Recibe un poco menos de 600 mm anuales de precipitación en la parte oriental de la planicie y unos 700 mm en la base de las montañas a unos 2300 msnm; a mayores elevaciones se pueden alcanzar más de 1300 mm en las montañas del este y el sur. Lo más característico del régimen de lluvias es una acentuada temporada de sequía que va de octubre a abril.

Desde el punto de vista de la disponibilidad de agua para las plantas, aportada por las lluvias, se pueden distinguir diversas condiciones:

a) El área subhúmeda incluye las montañas que circundan la cuenca y las que se tienen en su interior, así como la llanura ubicada al oeste y sur de la Sierra de Guadalupe. Dentro de ella hay sitios como el Pedregal de San Ángel en las que la falta de suelo no permite aprovechar el agua que aporta la precipitación pluvial.

b) El área semiárida localizada básicamente en la parte plana del Valle de México, en sus porciones norte y oriente de la Sierra de Guadalupe, incluye las estaciones climatológicas de Aragón, Aeropuerto e Iztacalco en el Distrito Federal y los Reyes en el Estado de México, puede considerarse una extensión de la zona árida chihuahuense. Aquí la salinidad del suelo acentúa la aridez, a pesar de que algunos sitios son inundables.

En cuanto a los vientos, predominan las calmas, pero en ocasiones se producen

meteoros fuertes que levantan tolvaneras, especialmente en la parte oriente del Distrito Federal. El tipo de clima que predomina en la zona rural es templado subhúmedo, del subtipo más húmedo con un cociente precipitación/temperatura (P/T) > de 55 (García, 1987).

## Mapeo del potencial productivo

La importancia de la determinación del potencial productivo de especies vegetales debe fundamentarse en el análisis de necesidades para la elaboración de planes y proyectos de desarrollo agropecuario y forestal, en cualquier nivel jerárquico, regional, estatal, distrito de desarrollo, municipio o área específica. En principio es indispensable el análisis económico de los productos deficitarios, y conocer la balanza de mercado nacional e internacional, así como las tendencias de comercialización y exportación de los mismos. En la planeación de áreas específicas se debe determinar cuáles son los cultivos que tienen mejores perspectivas ecológicas y mínimo riesgo, en función de recursos biofísicos en el área (García, 1979).

En la actualidad existen numerosos trabajos de investigación que aplican los sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos y modelos de simulación. Han sido utilizadas para resolver problemas que involucran el procesamiento de una gran cantidad de información tanto georreferenciada como bases de datos relacionales. En la mayoría de los casos la solución a un problema ha sido alcanzada mediante interfaces que incluyen el uso de un SIG y un programa de simulación, o bien un SIG y sensores remotos.

Los tópicos adicionales que se están estudiando con estas técnicas son diversos pero están relacionados con la conservación de recursos naturales como: evaluación de la erosión y conservación de suelos, fuentes no localizadas de contaminación de agua y suelos dentro de cuencas hidrológicas, identificar áreas con alto potencial para cultivos para reorganizar el uso del suelo basado en un incremento de la productividad así como en la evaluación y manejo de ecosistemas forestales, entre otros (Medina *et al.*, 1994).

## Estudios asociados

Los SIG también pueden ser usados para reducir la demanda de datos obtenidos de bases de datos ya existentes, como es el caso de la estimación de la variación de la pendiente, que es un factor crítico en la estimación de pérdida de suelos y movimiento de elementos químicos (Srinivasan y Engel, 1991).

Jamagne *et al.* (1995) elaboraron la base de datos espacial de suelos para la Comunidad Económica Europea y concluyeron que es de suma importancia la información, ya que puede dar respuesta a gran cantidad de preguntas sobre diferentes problemas de la producción agrícola, así como la protección al ambiente.

Scheleub *et al.* (1995) aplicaron técnicas de SIG para evaluar los suelos con fines de planeación ecológica; para ello obtuvieron datos de clima y de características edáficas con las correspondientes unidades, contenido de metales pesados en los mantos acuíferos, pH, clase de textura, contenido de materia orgánica y sesquioxidos, nivel freático, relieve y uso actual. Mediante este procedimiento y la información definida fue posible tener valores aceptables sobre el potencial y el grado de contaminación de los mantos freáticos, así como el riesgo de contaminación de los mismos, que es alto en Gleysol e Histosol, el cual estuvo relacionado con las propiedades de los suelos. Finalmente recomiendan la construcción de mapas de estas variables y áreas con características potenciales y de riesgo ecológico.

Con la finalidad de apoyar la política de uso de suelo y proponer alternativas de aprovechamiento de tierras en Taiwán, Lin *et al.* (1995) indicaron la necesidad de desarrollar un SIG para toma de decisiones en las políticas agrícolas y aplican los SIG (GRASS, ARC/INFO, etc.) y modelos (cultivos, suelo, clima, etc.) para integrar y procesar gran cantidad de información y poder definir una clasificación más exacta del uso de tierras.

Para el caso de México, Bravo *et al.* (1995) describieron los suelos del estado de Tabasco, utilizando el modelo de elevación digital (MED) con precisión de 81 ha (900 m x 900 m) y la carta edafológica en escala 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Encontraron que en más del 85% de la entidad las pendientes son inferiores a 5%, una altitud <100 m y la profundidad de suelo <1m, además de que la textura arcillosa es la más común, pues cubre 69.66% del territorio estatal; se detectó la presencia de 645,327 ha con suelos gleysoles, lo que corresponde a 26.80% del total.

Moreno *et al.* (1994) realizaron un estudio mediante SIG para determinar las áreas con potencial para establecer plantaciones forestales. De los resultados obtenidos se desprende que, a pesar de las ventajas que ofrece esta herramienta, se requiere ponderar varios factores y objetivos de manejo que puedan o no tener una dimensión espacial; entonces, se deben incorporar modelos económicos, de optimización, simulación y sistemas expertos, la integración de lo cual llevaría a la creación de sistemas de apoyo más completos para la toma de decisiones.

Con respecto al desarrollo sustentable agropecuario y forestal del área de conservación del Distrito Federal, Ortíz *et al.* (2006) generaron un sistema de consulta que contiene datos de suelo, topografía, clima y tecnología de producción, así como la cartografía sobre uso actual de suelo, microcuencas, monografías por delegación política y conceptos sobre el medio físico y reconversión productiva.

En lo referente a los estudios de cantidad y calidad de agua en las cuencas hidrológicas, Srinivasan *et al.* (1992) llevaron a cabo el proyecto Hydrologic Unit Model for the United States con el propósito de mejorar las tecnologías

existentes para el manejo nacional y regional de las fuentes de agua con ayuda de un SIG y una base de datos relacionales.

Los SIG han sido exitosamente integrados con modelos que manejan datos puntuales (sin tomar en cuenta la variación en el tiempo), eventos aislados y modelos de calidad de agua tal como la propuesta de Agricultural Nonpoint Source Watershed Environmental (Srinivasan y Engel, 1994); sin embargo, para que los modelos tomen en cuenta el tiempo (variable continua) e integren modelos de calidad del agua de varias cuencas a gran escala, se han diseñado interfaces entre SIG y otras herramientas de simulación (Srinivasan y Arnold, 1994) para construir Sistemas de Soporte de Decisiones (Srinivasan y Engel, 1994).

## Secuencia Metodológica

La secuencia de pasos seguida para la obtención de la cartografía y por ende las áreas con potencial productivo para árboles de Navidad y arbustos de uso múltiple, se inició con la definición de los requerimientos agroecológicos de las especies incluidas y continuó con la construcción de bases de datos y su procesamiento, para terminar con el recorte por uso forestal (Figura 2); en las siguientes secciones se detallan las acciones realizadas.

## Especies de interés

Como opciones productivas en el área se eligió a las plantaciones para árboles navideños (Flores *et al.*, 1997) con varias especies de coníferas: una nativa (*Abies religiosa* (HBK.) Schltdl. et Cham.) y cuatro introducidas al área (*Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus maximartinezii* Rzedowski). También se incluyeron arbustos de uso múltiple, que pueden ser útiles en las porciones más secas y pedregosas como tutores horticolas (*Dodonaea viscosa* (L) Jacq.) y forraje (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.), e incluso con la capacidad de prosperar en suelos salitrosos (*Atriplex numularia* Lindl.) y ayudar a su mejora (Camacho, 2003).

Para la definición de las áreas con potencial productivo se utilizaron los requerimientos agroecológicos presentados en los Cuadros 1 y 2, los cuales se obtuvieron tanto por consulta bibliográfica como de información generada por los autores del presente dentro del proyecto "Determinación del potencial productivo de especies vegetales para la transferencia de tecnología y la planeación del desarrollo integral agropecuario y forestal en el Distrito Federal", financiado por el Grupo Produce A.C., Distrito Federal.



Figura 2. Esquema metodológico para la determinación de zonas con potencial productivo para árboles de Navidad y arbustos de uso múltiple.



Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos para árboles de Navidad.

Características	<i>Abies religiosa</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pinus cembroides</i>	<i>Pinus greggii</i>	<i>Pinus maximartinezii</i>
Altitud (msnm)	2600-3500	2000-3000	1500-3000	1400-3100	1800-2200
Precipitación pluvial (mm)	900-1600	700-1400	> 400	450-1200	> 500
Temperatura máxima (°C)	20.0	35.0	40.0	29.0	23.0
Temperatura media (°C)	15.0	14.0	17.0	14.0	10.0
Temperatura mínima (°C)	-3.0	-5.0	7.0	-1.0	4.0
Materia orgánica (%)	> 2.0	> 2.0	> 2.0	> 2.0	> 2.0
Profundidad de suelo (m)	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0
Textura	Migajón arenoso, arenosa	Migajón arenoso, arenosa	Migajón arenoso, arenosa	Migajón arenoso, arenosa	Migajón arenoso, arenosa
Unidad de Suelo	Andosol, Feózem	Andosol, Feózem	Andosol, Feózem	Andosol, Feózem	Andosol, Feózem
Clima	Templado húmedo	Templado húmedo	Templado seco	Semiseco a húmedo	Templado subhúmedo

Fuente: (Flores et al., 1997; González et al., 2005.)

Cuadro 2. Requerimientos agroecológicos para arbustos de uso múltiple.

Características	Chapulixtle	Numularia	Palo dulce
Altura (msnm)	0-2400	0-2300	1000-2400
Precipitación pluvial (mm)	400-800	250-1000	400-800
Temperatura máxima (° c)	45.0	45.0	43.0
Temperatura media (° c)	16.0-23.0	5.0-23.0	16.0-23.0
Temperatura mínima (° c)	-3.0	-12.0	-5.0
Materia orgánica (%)	> 2.0	> 2.0	> 2.0
Profundidad de suelo (m)	> 0.50	> 0.50	> 0.50
Textura	Migajón arenoso	Migajón arenoso	Migajón arenoso
Unidad de suelo	Regosol, Feozem	Vertisol, Feozem	Regosol, Feozem
Clima	Aw, Cw ó BS	BS ó Bw	Aw, Cw ó BS

Fuente: Camacho *et al.*, 1992 y 1993; Flores *et al.*, 1992; INIFAP-SAGAR, 1997 a, b y c; Morfin y Camacho, 1987.

## Acopio de datos de suelo y clima

La información climatológica en el área de influencia del estudio, se obtuvo tanto del ERIC (IMTA, 1996) como de los registros diarios de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (período 1985 - 1993) y la Comisión Nacional del Agua, las cuales se ubicaban tanto Distrito Federal como en los Estados de México y Morelos, las variables consideradas fueron: temperatura máxima, mínima, precipitación pluvial y evaporación.

A partir de la delimitación del Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2001 (PAOT, 2001 a y b) y recorridos de campo, se establecieron los linderos del área rural de la entidad (Figura 1), con base en los cuales se procedió a obtener la información pertinente del Modelo de Elevación Digital (MED), estructurado por grado de latitud y longitud, con un valor de cada 3 segundos de arco (aproximadamente una cuadrícula de 90 m x 90 m), es decir, una resolución espacial de 0.81 ha en el terreno (INEGI, 2000).

Se utilizaron las cartas edafológicas, topográficas y de uso de suelo de INEGI a escala 1:50,000 (INEGI, 1997) que describen la zona rural del Distrito Federal para obtener usos de suelo, cuerpos de agua y principales zonas urbanas, así como las unidades de suelo dominantes, fases físicas y fases químicas.

Para completar esta información, dentro de las zonas forestales y las que mantienen agricultura de temporal y de riego (incluyendo la chinampería), que se presenta en la Figura 1, se trazó una cuadrícula con un kilómetro de separación entre líneas, para geolocalizar en sus intersecciones 1,133 puntos en los que se tomaron muestras de suelo para determinar en ellas el pH, porcentaje de materia orgánica y textura, así como datos del uso actual del área. Para realizar el trabajo campo, se contó con el apoyo de técnicos del Distrito de Desarrollo Rural de Xochimilco, el cual pertenece a la Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el Distrito Federal.

## Base de datos de suelo y clima

Se utilizó el software ARC/INFO (ESRI, 1991) para digitalizar la cartografía de suelo y uso de suelo, lo que se facilitó con el empleo del MED (INEGI, 2000). La captura de la información de los análisis de suelos se llevó a cabo con el software editor de C y la información de clima con el software SICA V.2 (Medina y Corral, 1992) y con el programa DECEARCH (Mejía, 1993) se generó la base de datos decenal de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y evaporación.

## Interpolación de base de datos

El procesamiento de la base de datos conjunta (modelo de elevación digital, clima y suelo), la delimitación de áreas potenciales para la producción de especies forestales y cuantificar sus superficies se realizó empleando IDRISI (Ronald, 1993).

La generación de los mapas a partir de variables de los suelos y de características del paisaje se efectuó por la interpolación espacial de los datos por medio del comando INTERPOL de dicho programa. El caso de las temperaturas máxima y mínima, se llevó a cabo con programas elaborados en Quick Basic y lenguaje C, respectivamente, utilizando el compilador del turbo C, en lo cual intervino el MED como parte de la generación de información cartográfica, ya que el gradiente altimétrico influye sobre la variación de la temperatura (Ortiz, 1984). Los mapas de precipitación pluvial y evaporación se determinaron a partir de los archivos numéricos en formato vector, que se procesaron con el comando INTERPOL del IDRISI (Ronald, 1993).

## Delimitación de zonas con potencial productivo

Se llevó a cabo a través de la reclasificación de la cartografía de variables básicas de topografía, elementos climatológicos y suelo, que se relacionó con los requerimientos agroecológicos de cada especie, para determinar las zonas de buena productividad para árboles y arbustos. Posteriormente, con el mapa de uso de suelo se diseñó el recorte del área con uso forestal en el que es posible realizar las plantaciones, es decir se eliminaron áreas urbanas y cuerpos de agua (Figura 1).

## RESULTADOS

### Relieve de la zona rural

La altura sobre el nivel del mar presenta un gradiente desde más de 2200 m hasta cerca de los 4000 m. Casi la totalidad de la superficie está bajo los 2800 m; menos del 10% rebasa esta cota (Cuadro 3), las condiciones orográficas originan una diversidad de alturas y pendientes de los terrenos al interior de la zona propiciando características diferentes en la adaptación de especies vegetales, así como en el manejo, conservación y restauración de los recursos naturales.

En virtud de que la mitad de la zona rural del Distrito Federal está integrada por terrenos muy abruptos en las sierras que bordean la cuenca por el sur y poniente, la recomendación para su uso es forestal, de bienes y servicios ambientales, así como para recreación. La otra mitad corresponde a laderas con inclinación media, y por lo tanto, factibles de ser aprovechadas en cultivos con surcado al contorno y en terrazas. Existe un poco más de 12,000 ha de tierras casi planas

Cuadro 3. Distribución del gradiente altimétrico en la zona rural del Distrito Federal.

Gradiente (msnm)	Superficie (ha)	Delegaciones
2200 a 2800 m	24, 750.36	Xochimilco, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Magdalena Contreras y Cuajimalpa.
2801 a 3400	41, 045.94	Milpa Alta, Tlalpan, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa;
> 3400 m	6, 015.06	Tlalpan, Milpa Alta, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa.

y están ubicadas, básicamente, en lo que sería el lecho de los antiguos lagos y, en menor proporción, algunas mesetas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución de la pendiente de los terrenos de la zona rural del Distrito Federal.

Pendiente	Superficie (ha)	Delegaciones
pendientes menores al 4%	12, 468.33	Xochimilco, Tláhuac, Milpa Alta y Tlalpan
de 4 a 12%	28, 328.94	Milpa Alta, Tlalpan, Tláhuac y Xochimilco
> 12%	31, 014.09	Milpa Alta, Tlalpan, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa

En cuanto a la orientación de los terrenos, más de 40 mil ha de esta zona agropecuaria y forestal estuvieron orientadas hacia el Sur y el Este (Cuadro 5).

### Condiciones de temperatura

La temperatura media anual en la zona rural osciló desde el intervalo de 0 a 5°C al de 15 a 20°C, sin embargo en gran parte de la superficie predomina la



Cuadro 5. Orientación geográfica de terrenos en el área rural del Distrito Federal.

Exposiciones geográficas	Superficie (ha)
Norte	11,147.22
Sur	25,961.31
Este	15,460.47
Oeste	8,293.59
Noreste	3,291.03
Noroeste	3,879.90
Sureste	3,165.48
Suroeste	612.36

correspondiente a los 5 y 15°C. Más del 50% del área presentó valores máximos de 15 a 20°C, distribuidos en las siete delegaciones (Cuadro 6). En cuanto a la temperatura mínima anual tienen áreas donde fue menor a 0°C (1,980.45 ha), predominando más hectáreas con temperaturas mínimas que fluctúan de 0 a 5°C (47,254.59 ha).

Cuadro 6. Distribución de la temperatura máxima anual en la zona rural del Distrito Federal.

Temperatura máxima	Hectáreas	Ubicación
5 a 10°C	19.44	Tlalpan
10 a 15°C	9,724.86	Álvaro Obregón
15 a 20°C	49,836.06	Tlalpan, Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa
20 a 25°C	12,231.00	Xochimilco y Tláhuac

## Condiciones de humedad

La cantidad de lluvia presente fue muy variable. En la mayor parte de las llanuras y sierras bajas de Tláhuac durante el año se presentaron de 500 a 750 mm de lluvia, en el resto de las delegaciones y bajo la influencia de sierras que superan los 2700 msnm se reunieron cantidades mayores. En Álvaro Obregón, Milpa Alta y Xochimilco variaron de 500 a 1000 mm, mientras que en Tlalpan alcanzaron 1250 mm/año. En las Delegaciones Magdalena Contreras y Cuajimalpa, ubicadas en la zona montañosa sur, se registraron entre 1000 y 1250 mm/año en gran parte de su área.

La evaporación potencial en 63,371.16 ha superó los 1200 mm, lo cual indica que naturalmente puede perderse más agua que la que en promedio entra y que se acentúa en la temporada de estiaje. El cociente anual de la precipitación entre la evaporación (Cuadro 7), indica que sólo aproximadamente el 24% del área es favorable para la recarga de los mantos freáticos, no obstante que en la época de lluvias puede haber excedentes en el resto del área.

Cuadro 7. Cociente anual de la precipitación entre la evaporación (Índice P/E).

Índice P/E	Hectáreas	Porcentaje
menor a 0.7	38,645.10	53.81
0.7 a 0.9	16,275.33	22.66
mayor de 0.9	16,890.93	23.52

## Características de los suelos

Para el desarrollo, crecimiento y producción de las plantas se requiere que los suelos guarden condiciones químicas y físicas que hagan posible que las especies vegetales puedan tener una nutrición balanceada; ya que, por medio de sus raíces encuentran un punto de anclaje, un medio de nutrición, absorción de agua y utilización de oxígeno.

En la zona rural, la principal unidad de suelo que se encontró fue Andosol, con 30,013.74 ha, distribuidos en parte de las Delegaciones de Tlalpan, Milpa Alta, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Xochimilco; estos suelos por su origen, composición química y condición ambiental en que se encuentran, presentan problemas de acidez; es decir, fijación de fósforo y molibdeno por caracterizarse con un alto contenido de aluminio activo, el cual es tóxico a las plantas e interfiere en la movilización de calcio en el tejido vegetal, se debe evitar la aplicación de fertilizantes que bajen el pH del suelo (Núñez, 1985).

Por otra parte, se tuvieron 19,934.10 ha con suelos denominados Litosoles, los cuales se caracterizan por ser muy delgados y pedregosos, con baja capacidad para producción vegetal; estos se encontraron principalmente en las Delegaciones de Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco. Otra unidad de suelos importante son los Feózem, los cuales totalizaron una superficie de 17,268.39 hectáreas y se ubicaron principalmente en las delegaciones de Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan. Se detectaron suelos salinos y sódicos (Solonchak y Gleysol) en las delegaciones de Tláhuac y Xochimilco con 2,221.83 ha y 187.92 ha respectivamente, en ellos se requieren opciones productivas que pudieran reducir el problema, una de ellas son plantaciones de especies del género *Atriplex*, que son plantas extractoras de sal (Camacho, 2003).

Referente al porcentaje de materia orgánica, casi 60,000 ha tuvieron contenidos por arriba de 2%, (Cuadro 8); esto puede obedecer a que se trata de áreas forestales y a la aportación tradicional de estiércol en las parcelas agrícolas.

Cuadro 8. Distribución del porcentaje de materia orgánica en los suelos de la zona rural del Distrito Federal.

Clasificación	Porcentaje de materia orgánica	Superficie (ha)	Ubicación
Muy rico	Más de 4	42, 252.03	Álvaro Obregón, Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco, Magdalena Contreras y Tláhuac
Rico	3-3.99	7, 858.62	Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco, Magdalena Contreras y Tláhuac
Mediano	2-2.99	13, 910.13	Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac y Magdalena Contreras
Pobre	1-1.99	7, 447.95	Milpa Alta, Xochimilco, Tlalpan y Tláhuac
Muy pobre	< 1	342.63	Milpa Alta, Tláhuac Magdalena Contreras y Tlalpan

La mayor parte de los terrenos manifestaron una textura ligera de migajón arenoso (30,123.09 ha), arena migajonosa (23,242.14 ha) y arena (6,231.33 ha);

es decir, que la textura del suelo tiene condiciones de filtración rápida del agua y, por lo tanto, en épocas de escasa precipitación, los terrenos no ofrecen un contenido favorable de agua para los cultivos. Los suelos con estas características se ubicaron en gran parte de las siete Delegaciones. En 7,286.76 ha ubicadas en las Delegaciones de Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Xochimilco y Cuajimalpa los suelos son de textura franca, así como 4,868.10 ha con migajón arcilloso.

La profundidad de los suelos en la zona rural es variable en cada una de las Delegaciones, al respecto se concentraron 20,371.50 ha donde la profundidad de los terrenos es menor a los 30 cm, 46,022.58 ha con profundidad de suelo entre 31 y 90 cm y 5, 417.28 ha con más de 90 cm de profundidad de suelo.

### Zonas con potencial productivo para árboles de Navidad

En la parte de uso forestal, se determinaron las áreas potenciales de muy buena productividad para cinco especies forestales en la zona rural del Distrito Federal, que se listan a continuación, siguiendo el orden de la superficie potencial para este efecto: *Pinus greggii*, *Abies religiosa*, *P. cembroides*, *P. ayacahuite* y *P. maximartinezii*. Su distribución geográfica se muestra en la Figura 3, en la que son evidentes las intersecciones de las áreas cubiertas por cada especie. En el Cuadro 9 se indican las superficies por entidad política y conífera.

La amplitud de los requerimientos de *P. greggii* explican la importante superficie potencial que se le asigna, en correspondencia con los resultados de González *et al.* (2005), en cuanto a *A. religiosa* no es sorprendente la gran área en que podría tener muy buena productividad, ya que es una especie nativa de la zona. *P. maximartinezii* es una especie introducida al Distrito Federal, que ha manifestado gran valor ornamental y adaptación, pues ha llegado a producir semillas (Arteaga *et al.*, 2000), no obstante el área que pudiera serle productivamente adecuada es pequeña.

### Zonas con potencial productivo para arbustos de uso múltiple

Para chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) y numularia (*Atriplex numularia*), las áreas de mayor potencial se encontraron únicamente en la Delegación Tláhuac (Figuras 4 y 5), que para las primeras dos especies correspondió a los lomeríos de la sierra de Santa Catarina, mientras que la numularia podría emplearse en el lecho salitroso del lago. Además, esta última especie podría tener uso ornamental dentro del área urbana.

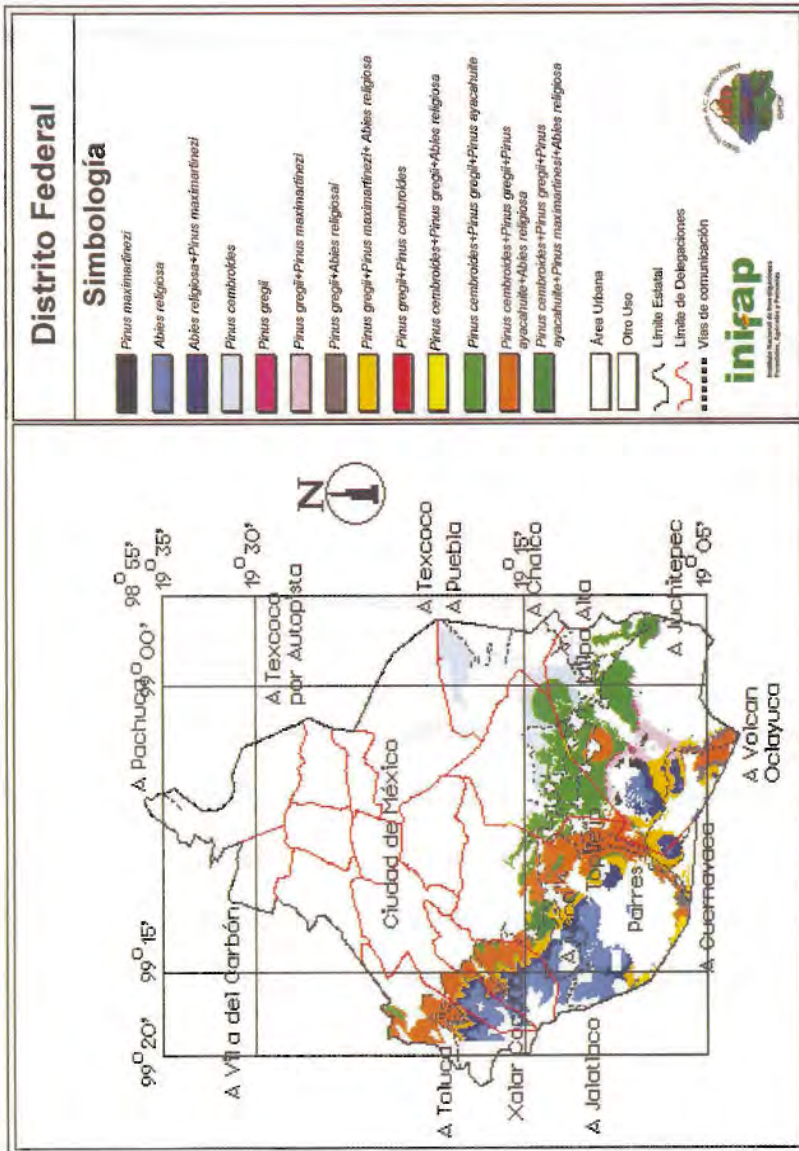


Figura 3. Áreas del Distrito Federal con potencial productivo para árboles de Navidad.



Cuadro 9. Superficies potenciales en hectáreas con muy buena productividad para coníferas productoras de árboles de Navidad en el Distrito Federal.

Delegaciones Políticas del Occidente del D. F.			
Especie	Álvaro Obregón	Magdalena Contreras	Cuajimalpa
<i>Abies religiosa</i>	2,052.54	3,549.42	2,699.73
<i>Pinus ayacahuite</i>	506.25	1,539.81	1,783.62
<i>Pinus cembroides</i>	506.25	1,539.81	1,787.67
<i>Pinus greggii</i>	686.07	2,013.66	2,131.11
<i>Pinus maximartinezi</i>	446.31	855.36	501.39
Delegaciones Políticas del Sur del D. F.			
Especie	Milpa Alta	Tlalpan	Xochimilco
<i>Abies religiosa</i>	5,722.65	12,533.13	85.86
<i>Pinus ayacahuite</i>	7,026.75	6,268.59	85.86
<i>Pinus cembroides</i>	8,154.27	6,530.22	5,539.59
<i>Pinus greggii</i>	10,739.79	8,592.48	4,122.09
<i>Pinus maximartinezi</i>	4,467.15	3,962.52	4.05

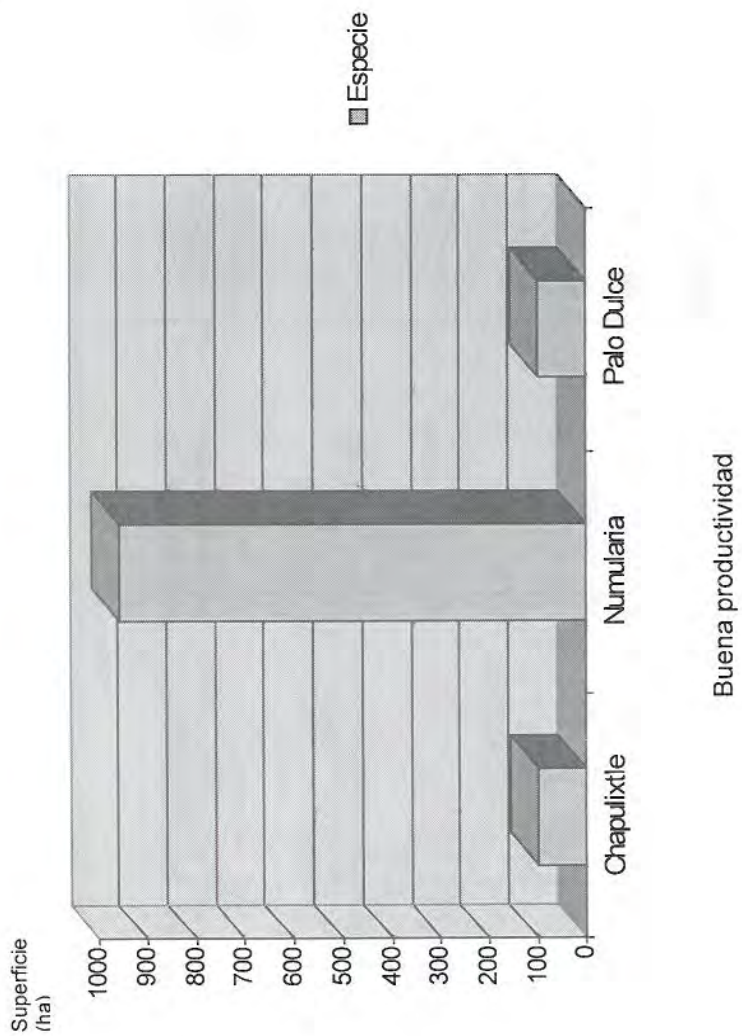


Figura 4. Superficie (ha) potencial para arbustos de uso múltiple en la zona rural del Distrito Federal.

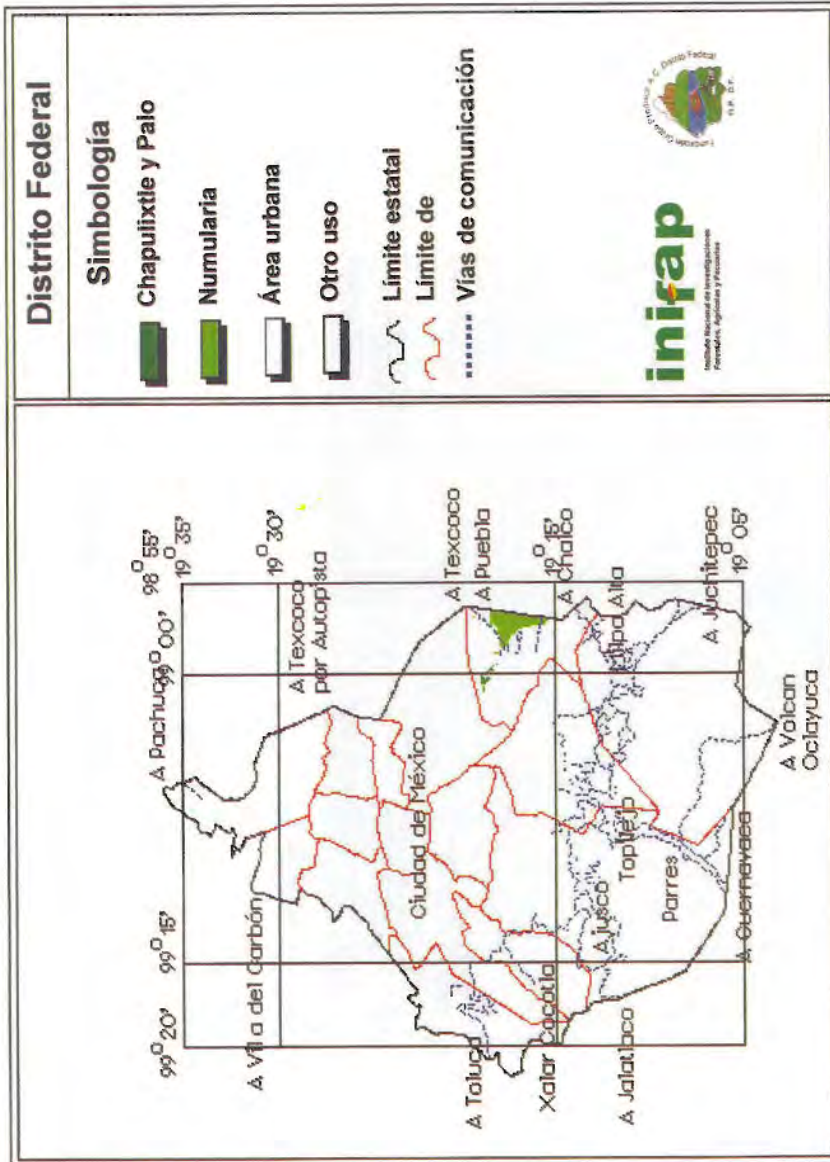


Figura 5. Áreas del Distrito Federal con potencial productivo para arbustos de uso múltiple.

## CONCLUSIONES

La zona rural del Distrito Federal tiene características agroecológicas adecuadas para el establecimiento, desarrollo, crecimiento y producción de árboles de Navidad y arbustos de uso múltiple. Se calcularon 26,643.33 ha para plantaciones de *Abies religiosa*; 21,318.39 ha para *Pinus ayacahuite*; 26,053.65 ha para *P. cembroides* y 28,374.30 ha para *P. greggii*. Con respecto al potencial productivo por especie, esta última tiene la mayor superficie, 8,592.48 ha en la Delegación Tlalpan, y 10,739.79 ha en Milpa Alta; la segunda especie, sería la de mayor cobertura (1,995.84 ha) en la Delegación Tláhuac, y Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa, correspondería a *A. religiosa*.

## RECOMENDACIONES

En un futuro, este estudio complementado con un análisis económico y otro de mercado hará posible identificar las ventajas comparativas de esta zona rural y definir las especies forestales (árboles de Navidad y arbustos de uso múltiple) que sean más rentables y competitivas a nivel local, regional, nacional e internacional. Por lo tanto, habrán de analizarse factores adicionales, como rentabilidad, impacto social, infraestructura, impacto ecológico, etc., elementos que contribuyen a la planeación del desarrollo forestal, conservación de los recursos y mejoramiento de los ingresos socioeconómicos de los productores. Se considera, además, que puede ser un valioso apoyo para planear el desarrollo integral agropecuario y forestal de la zona rural del Distrito Federal (PAOT, 2001a y PAOT, 2001 b).

## REFERENCIAS

- Arteaga M., B., H. García R. y J. G. Rivera M. 2000. Piñón grande: *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Texcoco, Edo. de Méx., México. 134 p.
- Bravo, A., G. Medina, R. Martínez P and V. González. 1995. Description of Tabasco, Mexico soils, using Geographic Information Systems. 15th International Symposium of Soils/Congreso Nacional de Suelos. Acapulco, Guerrero. México. pp. 331-332.
- Camacho M., F. 2003. Arbustos para la reforestación del Distrito Federal. INIFAP-CENID-COMEF. Fundación Grupo Produce A. C. Folleto para Productores No. 8. México. 32 p.
- Camacho M., F. 2004. Comentarios para la estructuración de un plan de manejo de la vegetación de la delegación Iztacalco. Arbórea. Asoc. Mexicana de Arboricultura. 6(11): 27-34.

- Camacho, M., F., V. González K. y A. Mancera O. 1993. Guía tecnológica para el cultivo del chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.), arbusto útil para producción de tutores hortícolas, control de erosión y setos urbanos. INIFAP CENID-COMEF. Guía Tecnológica No. 1. México, D. F. México. 35 p.
- Camacho M., F., V. González K. y M. A. Olivera Toro M. 1992. Germinación y manejo en vivero de chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.). Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial No. 1. SARH. INIFAP. México, D. F. México. pp. 145-154.
- ESRI, 1991. ARC/INFO. Starter kit. User's Guide. Version 3.4 D Plus. 380 Environmental Systems Research Institute. New York Street, Redlands, CA. USA.
- Flores A., E., J. Islas G., F. Islas G. y F. Carrillo A. 1997. Plantaciones comerciales de árboles de Navidad con *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. Nota Técnica No.1. Tecnologías Llave en Mano. División Forestal. INIFAP. México, D. F. México. pp. 29-30.
- Flores, S., L. Morfin L., D. Camacho M. y F. Camacho M. 1992. Nutritional value in nine cuts of fodder shrub of *Atriplex numularia* from March 1990 to December 1990 growing in Ex-lago de Tezcoco, México. Pre-Conference Proceedings Abstracts of Contributory Papers V International Conference of Goats. New Delhi. India. Vol. I. 221 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Edición del Autor, Larios. México, D. F. México. 246 p.
- García, B. J. 1979. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación. Colegio de Postgraduados. Tesis de Doctor en Ciencias. Chapingo, Edo. de México. México. 451 p.
- González H., A., G. M. Cruz B., F. Moreno S. y E. Velasco B. 2005. Comparación de distribuciones probabilísticas para generar información climática en análisis de aptitud del terreno. Ciencia Forestal en México 30 (98): 9-24.
- Gutiérrez G., M. V. y F. Camacho M. 2002. Aprovechamiento de plantas medicinales en el Distrito Federal. INIFAP-CENID-COMEF. Fundación Grupo Produce A. C. Folleto para Productores No. 7. México, D. F. México. 15 p.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 1996. Extractor rápido de información climatológica de 1920 a 1998 (ERIC). Manual del usuario. Colección Proyectos IMTA. Serie Programa. Jiutepec, Mor. México. Disponible en CD <http://cenca.imta.mx/cd.htm>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1987. Síntesis geográfica del Estado de México. Anexo cartográfico. México, D. F. México. 223 p.



- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Modelos Digitales de Elevación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México D. F. [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/mde/menu\\_cfm?c=198](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/mde/menu_cfm?c=198) <http://mapserver.inegi.gob.mx/SIAG/inicio1.jsp>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1997a. Aprovechamientos del palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) como planta forrajera para zonas áridas del estado de Hidalgo. Tecnologías Llave en Mano. Dirección Forestal. SAGAR. México, D. F. México. p.179.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1997b. Plantaciones de numularia (*Atriplex numularia* Lindl.) para apoyar la alimentación del ganado menor durante la temporada seca, en el estado de Hidalgo. Tecnologías Llave en Mano. Dirección Forestal. SAGAR. México, D. F. México. p. 131.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1997c. Producción de tutores hortícolas con chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.). Tecnologías Llave en Mano. Dirección Forestal. SAGAR. México, D. F. México. p.177.
- Jamagne, M. C., J. Le Bas, P. Daroussin, P. Vossen and A. Burril. 1995. Elaboration and use of the European Soil Geographical Data Base. 15th International Symposium of Soils. Congreso Nacional de Suelos. Acapulco, Gro. Mexico. pp. 393-394.
- Lin C., Y. W. Lin, T. H. Tsai and T. S. Liv. 1995. Land Resource Information System and its application to classify land importance in Taiwan. International Symposium of Soils. Congreso Nacional de Suelos. Acapulco, Gro. México. pp. 341-342.
- Medina, G., G. y J. A. Corral. 1992. Sistema de Información para caracterizaciones agroclimáticas V.2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Calera, Zac. [http://www.inifap.gob.mx/pagina\\_web/campos/500/bajio/archclima/sicain\\_ag.htm](http://www.inifap.gob.mx/pagina_web/campos/500/bajio/archclima/sicain_ag.htm)
- Medina G., G., A. Bravo L., R. Martínez P. y L. Pérez S. 1994. Growth potential of plant species in Sonora, México. XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. México. pp. 25-34.
- Mejía, C. 1993. *Programa Decearch*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. México. Correo-e: mejia.carlos@inifap.gob.mx
- Morfin L., L. y F. Camacho M. 1987. El palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) una alternativa para la explotación forrajera de áreas tepetatosas. In: Ruiz F., F. (Ed). Uso y manejo de tepetates para el desarrollo rural. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. pp. 192-198.

- Moreno S., R., F. Moreno S. y G. Cruz B. 1994. Determinación de áreas potenciales para plantaciones forestales. Memoria de la IV Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. INIFAP. México, D. F. México. pp. 180-186.
- Núñez E., R. 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivos y su corrección mediante encalado. Serie: Cuadernos de Edafología, No. 2. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. México. 20 p.
- Ortiz S., C. A. 1984. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. pp. 46-50.
- Ortiz T., C., H. García N. y A. A. Aguilar Z. 2006. Sistema de consulta de la reconversión productiva del Distrito Federal (SICOREP-DF). INIFAP. Campo Experimental Valle de Toluca y Campo Experimental Bajío. Grupo Produce A. C. - D. F. Disponible en C. D. <http://www.grupoproducedf.org.mx>
- Procuraduría de Ordenamiento Ambiental y Territorial. (PAOT) 1998. Descripción de la zona Metropolitana del Valle de México. Gobierno del Distrito Federal. <http://www.paot.org.mx/centro/sma/inventario98/02.pdf>. 6 p.
- Procuraduría de Ordenamiento Ambiental y Territorial. (PAOT) 2001a. Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. <http://www.paot.org.mx/centro/programas/pgdudf/completo.PDF>.
- Procuraduría de Ordenamiento Ambiental y Territorial. (PAOT). 2001b. Descripción de la línea de Conservación Ecológica. Gobierno del Distrito Federal. <http://www.paot.org.mx/centro/programas/pgdudf/anexo1.PDF>
- Ronald, E. J. 1993. IDRISI. Technical Reference. Version 4.0. Clark University. Graduate School of Geography. Worcester, MA. USA. 229 p.
- Schleub, B., W. Reiche, U. Heinrich, D. Scholle and R. Zölitz-Möller. 1995. Assessment proceedings using a geographical information system for ecological planning. 15th International Symposium of Soils. Congreso Nacional de Suelos. Acapulco, Gro. México. pp. 322-323.
- Srinivasan, R., J. Arnold and R. S. Muttiah. 1995. Continental Scale Hydrologic Modeling using GIS. International Symposium on Water Quality Modeling, Kissimmee, Florida. April 2-5, 1995. ASAE, St. Joseph, MI. USA.
- Srinivasan, R., J. Arnold, R. S. Muttiah, C. Walker and P. T. Dyke. 1993. Hydrologic Unit Model for United States (HUMUS). In: Proceedings of Advances in Hydro-Science and Engineering. CCHE, School of Engineering, The University of Mississippi, MS. USA. Vol. 1, Part A. 120 p.
- Srinivasan, R., and J. G. Arnold. 1994. Integration of a Basin-Scale Water Quality Model with GIS. Water Resources Bulletin. AWRA 30 (3): 453-462.
- Srinivasan, R. and B. A. Engel. 1994. A spatial decision support system for assessing agricultural nonpoint source pollution. Water Resources Bulletin. AWRA 30(3): 441-452.
- Srinivasan, R., and B. A. Engel. 1991. Effect of slope prediction methods on slope and erosion estimates. Journal of Applied Engineering in Agriculture. Vol. 7. (6): 779-783.

# ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE SERRÍN DE *Pinus caribaea* Moralet EN EL OCCIDENTE DE CUBA

Iván Relova Delgado<sup>1</sup>, Santiago Vignote Peña<sup>2</sup>,  
María A. León Sánchez<sup>3</sup> y Fidel Cándano Acosta<sup>3</sup>

## RESUMEN

La falta de industrias madereras de desintegración o de aprovechamiento energético en Cuba, hace que los residuos de serrín procedentes de los aserraderos y otras fábricas se acumulen en los centros de origen hasta que la saturación de los espacios disponibles, la contaminación ambiental y, en consecuencia, su impacto sobre la salud de los habitantes de las poblaciones contiguas obliga a su transporte a vertederos. El objetivo del presente estudio consistió en estimar la producción de este material en el occidente de Cuba (Pinar del Río) en dos aserraderos; para ello, se marcaron 200 trozas de pino, 50 antes del inicio del aserrado en cada una de las tres líneas de la Empresa Forestal Integral "La Palma", que dispone de maquinaria diversa y a su vez es representativa de la existente en la zona y 50 en la línea del aserradero "La Jagua". El diámetro con corteza de las trozas muestreadas varió entre 14.5 y 32 cm (clases diamétricas de 14 cm, hasta más de 34 cm), con una longitud de 3.5 a 4 m. Se hizo un análisis estadístico para determinar las ecuaciones predictivas mediante modelos de regresión lineal, siendo el volumen de serrín la variable dependiente y el diámetro de la troza la independiente para cada una de las técnicas de aserrado probadas. A partir de los niveles de producción en los años de estudio, el volumen de serrín en Pinar del Río asciende a 14.303,02 m<sup>3</sup> por año, lo que representa alrededor de 3.011 toneladas para transportar.

**Palabras clave:** Contaminación industrial, *Pinus caribaea* Moralet, residuos de aserrado, residuos madereros, serrín, tecnología de aserrado.

Fecha de recepción: 07 de abril de 2006.

Fecha de aceptación: 11 de abril de 2008.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. Correo-e: [ivancito02@yahoo.com](mailto:ivancito02@yahoo.com)

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Madrid, España.

<sup>3</sup> Universidad de Pinar del Río, Cuba.

## ABSTRACT

The lack of wood desintegration industries or energetic harvest industries in Cuba favors the accumulation of sawmill and other factory residues at these centers, until problems such as saturation of the available spaces, environmental pollution and thus, their effects upon human health of the people from the neighbouring towns, make it necessary to take these products to deposits. The purpose of the actual study was to estimate the sawdust production of two saw mills at western Cuba (Pinar del Río); thus, 200 trunks were selected: 50 prior to sawing of each of the three lines of La Palma Forest Enterprise, which has diverse machinery and is representative of those present in the area, and 50 from the La Jagua sawmill. The diameter of the trunks varied from 14.5 to 32 cm and their length from 3.5 to 4.00 m. A statistical analysis was made in order to determine the predictive equations through lineal regression models, in which sawdust volume was the dependent variable and the trunk diameter was the independent variable for each of the sawing techniques tested. From the production levels during the years of study, the sawdust volume of Pinar del Río was 14,303,02 m<sup>3</sup> per year, which means around 3.011 tons for transportation.

**Key words:** Industrial pollution, *Pinus caribaea* Moralet, sawmill wastes, wood waste, sawdust, sawing technologies.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Pinar del Río, ubicada en la región más occidental de Cuba tiene una superficie total de 1,092,000 ha, de las cuales, 44% son consideradas patrimonio forestal y de ellas, 38.9% están cubiertas de bosques, cifra que contrasta con la media del país que es del 22.7% (MINAGRI, 2003).

Los bosques de coníferas constituyen el principal potencial productivo de dicha provincia; sobresalen por su importancia comercial las especies de *Pinus caribaea* Moralet y *Pinus tropicalis* Moralet, tanto para abastecer la industria de aserrado, como para la producción de madera en rollo, principalmente de aplicación en la industria tabacalera.

En el país existen 92 aserraderos que procesan alrededor de 180,000 m<sup>3</sup> de madera; aproximadamente 55% del total de la producción del país se obtiene en instalaciones de porte pequeño o mediano, con tecnologías basadas en sierras circulares, alternativas y de sierras de banda simples y múltiples, mismas que resultan obsoletas. Además, hay cuatro plantas nuevas que utilizan, principalmente, sierras de bandas múltiples (MINAGRI, 2003).

En Pinar del Río la industria de primera transformación cuenta con 11 fábricas que pertenecen a Empresas Forestales Integrales (EFI), con una capacidad

instalada total de 84.500 m<sup>3</sup> de madera en rollo, cuyas características son las siguientes (MINAGRI, 2006):

- ♦ Aserradero portátil para latifoliadas, con escasa producción y bajos rendimientos.
- ♦ Siete aserraderos con más de 50 años en funcionamiento que operan con niveles de eficiencia muy bajos, pues apenas alcanzan 44% de rendimiento de las trozas.
- ♦ Dos aserraderos que iniciaron labores a partir de 1985 con tecnología de sierras alternativas procedentes de la antigua Unión Soviética, los cuales debido a la falta de refacciones y a la obsolescencia tecnológica, presentan poca productividad y un producto final de baja calidad.
- ♦ Un aserradero establecido en 1991, basado en sierras de banda procedentes de España.

La producción de volúmenes de serrín es importante, mismo que no tiene aplicaciones actuales a consecuencia de la falta de una industria de tableros de desintegración, o de celulosa, convirtiéndose en un foco de contaminación ambiental y en consecuencia de salud a la población que habita en las zonas contiguas a los aserraderos; por lo que es llevado a vertederos, con el consiguiente costo de transporte y, el traslado de los problemas a otros lugares (CITMA, 2001).

En Cuba, la importancia de eliminar los desechos de la industria forestal o de darle un uso, ha motivado la realización de investigaciones sobre la cuantificación de dichos residuos; así como, el estudio de sus usos potenciales (Álvarez, 1999; Egas, 1998; Márquez, 1999).

Una probable aplicación es como biomasa para su conversión en energía térmica susceptible de ser usada tanto en los centros que los generan, como en otras empresas situadas en las áreas vecinas y, así, evitar costos excesivos de transporte (Carrasco, 2001). Por ejemplo, sería factible incorporarlas en el Complejo Agroindustrial Azucarero "Manuel Sanguily", ubicado en el municipio de la Palma, al norte de la provincia de Pinar del Río, el cual dispone de una planta de cogeneración eléctrica y está integrado a la red eléctrica nacional de Cuba.

En la actualidad, el empleo de la madera y sus residuos como fuentes alternativas a los combustibles fósiles, dada la escasez de éstos y las necesidades crecientes de energía, así como los problemas medio ambientales ocasionados por el uso excesivo de los mismos y al carácter renovable de la madera, han situado a los desechos forestales, junto con los agronómicos, en el foco de atención de importantes programas de energías renovables y de desarrollo sostenible a nivel mundial (Marcos, 1985; Van Belle, Schenkel, 1998).

El presente estudio tiene como objetivos determinar la producción anual de serrín en el occidente de Cuba, para evaluar las posibilidades de su



aprovechamiento energético, y así coadyuvar a reducir los problemas ambientales actuales, a la vez de contar con un producto secundario de gran relevancia en Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la consideración de que la producción de serrín depende del tipo de tecnología utilizada en el aserrado, se eligieron dos empresas en las cuales estuvieran representadas las tres técnicas de aserrío que se practican en el país. La investigación se realizó en la Empresa Forestal Integral "La Palma" (fundamentalmente elabora trozas de *Pinus caribaea*) y en "La Jagua", ésta última es la de mayor volumen de madera aserrada en la región y en el país; ambas se ubican al norte de la provincia de Pinar del Río.

El muestreo se llevó a cabo en el patio de los aserraderos en donde se marcaron 200 trozas de pino, 50 antes del inicio del aserrado en cada una de las tres líneas de la Empresa Forestal Integral "La Palma", y 50 en la línea del aserradero "La Jagua". El diámetro con corteza de las trozas osciló entre 14.5 y 32 cm (clases diamétricas de 14 cm, hasta más de 34 cm), con una longitud de 3.5 a 4 m.

Se hizo el seguimiento de cada troza durante todo el proceso, desde la entrada al carro portatrozas de la sierra principal, hasta su transformación final. Para cada tecnología se determinó el tamaño de muestra necesario ( $n$ ), con una probabilidad del 95% y un error no mayor al 0.05%, mediante el método establecido por Gómez (1998).

El cálculo del volumen de serrín se obtuvo por la diferencia entre los volúmenes de trozas a la entrada al aserradero y el de madera aserrada, incluidos los residuos sólidos que se produjeron (residuo sólido es el formado por costeros, puntas de saneado y otros elementos con dimensiones superiores al serrín, viruta, astilla etc.).

Para cuantificar el volumen de las trozas de madera se midió la longitud con una cinta métrica graduada en centímetros, colocada entre sus extremos; el diámetro en las secciones extremas y media de la troza, se obtuvo mediante una forcípula con precisión de 0.5 cm. El volumen de la madera aserrada se estimó a partir de la longitud de las tablas con una cinta métrica graduada en centímetros; en tanto que el ancho y el grueso con una regla tipo carpintero, graduada en milímetros. El volumen de los residuos sólidos se determinó con el peso y la densidad, para lo que se utilizaron una báscula de tipo romana, con capacidad de hasta 50 kg y una estufa (Dalvo<sup>®</sup>) de 2 kw de potencia y, una termobalanza digital (Sartorius<sup>®</sup>) de precisión 0,01 g; para obtener la humedad en base húmeda (b.h.) se usaron probetas de madera.

Una vez calculados los volúmenes descritos, se aplicó la siguiente ecuación:

$$V_t = V_{ma} + V_{rs} + V_s; \quad V_s = V_t - (V_{ma} + V_{rs}) \quad (1)$$

Donde:

- $V_t$  = Volumen de la troza
- $V_{ma}$  = Volumen de madera aserrada
- $V_{rs}$  = Volumen de residuos sólidos
- $V_s$  = Volumen de serrín + corteza.

Por su exactitud, para estimar el volumen de las trozas se usó la fórmula de Newton:

$$V_t = \frac{1}{6}(S_i + 4S_c + S_s) \cdot L \quad (2)$$

Donde:

- $S_i$  = Superficie de la sección de la parte inferior de la troza ( $m^2$ )
- $S_c$  = Superficie de la sección del centro de la troza ( $m^2$ )
- $S_s$  = Superficie de la sección de la parte superior de la troza ( $m^2$ )
- $L$  = Longitud de la troza (m).

Para cubicar la madera aserrada se midió la longitud, el ancho y el grosor de todas las tablas o tablones elaborados durante el procesamiento de las trozas marcadas. En el caso de la longitud (l) se utilizó una cinta métrica, con precisión de 1 cm; el ancho y el grosor se determinaron de la misma forma, a partir de la media de tres valores: el del centro y uno a cada extremo, los datos correspondientes se obtuvieron con una regla graduada tipo carpintero y precisión de 1 mm.

$$V_{ma} = \sum_{a=1}^p \left[ n_1(G \cdot A \cdot l)_1 + n_2(G \cdot A \cdot l)_2 + \dots + n_p(G \cdot A \cdot l)_p \right] \quad (3)$$

Donde:

- $G$  = Grosor medio de la pieza de madera aserrada (m)
- $A$  = Ancho medio de la pieza de madera aserrada (m)
- $L$  = Largo de la pieza de madera aserrada (m).

$N$  = Número de piezas con las mismas dimensiones

$p$  = Número de piezas de madera aserrada obtenidas de cada troza.

El total de residuos sólidos se pesó en una báscula romana y se determinó la humedad en 10 muestras aleatorias de cada pesada realizada; se introdujeron en una estufa (Dalvo) a 105° hasta llegar a peso constante, aproximadamente 24 horas, según las normas CEFIC (1986) y ASTM (1993). Con el valor obtenido de humedad se calculó la densidad ( $\rho$ ) en ton / m<sup>3</sup> con la fórmula (4) (Relova *et al.*, 1999):

$$\rho = 0,75996 + 0,0052 \cdot h \quad (4)$$

Donde:

$(h)$  = Humedad expresada en por ciento.

Así, el volumen de los residuos sólidos ( $V_{rs}$ ) en m<sup>3</sup> se estimó por la relación entre el peso y la densidad:

$$V_{rs} = P/\rho \quad (5)$$

Donde:

$P$  = Peso de los residuos sólidos (ton)

$\rho$  = Densidad de los residuos ton / m<sup>3</sup> obtenido con la fórmula (4).

Se consideraron como variables independientes en la estimación del volumen de serrín los datos de volumen de residuos sólidos, de surtidos y de las trozas. En cada una de las tecnologías, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson (1896) entre las variables y su significancia (Patterson y Armstrong, 1994).

Los valores obtenidos de las diferentes muestras fueron procesados con el sistema automatizado SPSS (Statistical Product and Service Solutions) versión 12.0 (2004).

El volumen de serrín en cada una de las tecnologías de aserrado se estimó con base en los resultados del análisis de correlación: se realizó un análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados ordinarios. La calidad del ajuste de los diferentes modelos que se validaron por medio de los coeficientes de determinación, el error estándar y la tendencia de distribución de los residuos; así mismo se verificó el cumplimiento de los supuestos teóricos con pruebas analíticas.

Con base en los modelos generados, se evaluó el porcentaje de serrín en función del diámetro de la troza elaborada y para cada una de las tecnologías que se aplican en el proceso productivo en los dos aserraderos estudiados.

La producción de serrín en todo el occidente de Cuba se estimó mediante la extrapolación de los datos de producción obtenidos en cada tecnología de aserrado, se consideró el tipo de tecnología que utilizan y los volúmenes de madera procesados al año MINAGRI (2004).

## RESULTADOS

### Caracterización de la madera procesada

En el centro industrial “La Jagua”, ubicado en el municipio de La Palma, dado que el tronzado se realiza en monte, se recibe la madera con corteza en trozas de entre 3.5 y 4 m de longitud, y de 14 a 34 cm de diámetro, según la distribución diamétrica que se indica en la Figura 1. Las trozas más frecuentes fueron las de 16 a 30 cm, las de dimensiones mayores son escasas, dado que se prefiere procesarlas en el aserradero “La Baria” ubicado en la zona más llana del mismo municipio.

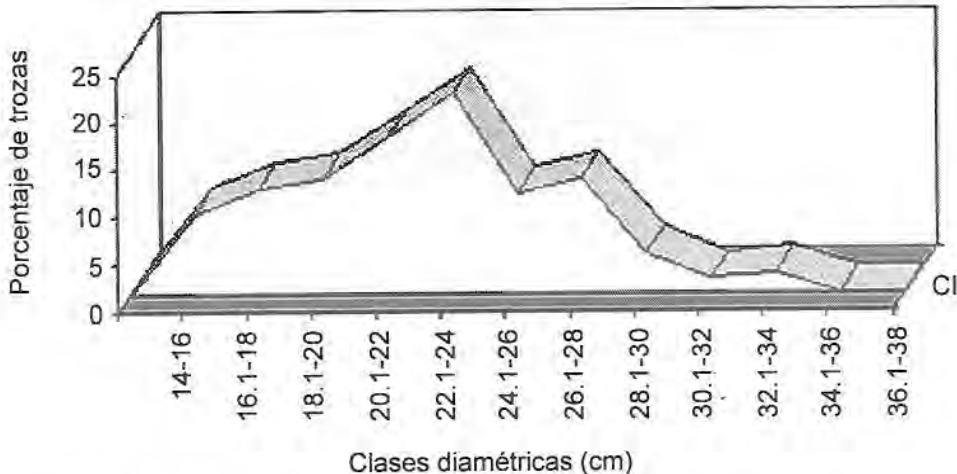


Figura 1. Distribución diamétrica de las trozas recibidas en el aserradero “La Jagua”.

En el centro industrial "La Baría" la materia prima llega tronzada con una longitud aproximada de 4 m y diámetros con corteza de 14 a 38 cm. La estructura del material que consume cada línea de aserrado se refleja en la Figura 2. El contar con tres líneas de producción diferente hace que las trozas se clasifiquen por su diámetro para consignarlas a cada línea de producción (Figura 2).

En la sierra circular se trabajan las clases diamétricas más bajas, menores a 22 cm, la sierra alternativa entre los 20 y los 28 cm y la sierra de banda las trozas mayores de 26 cm.

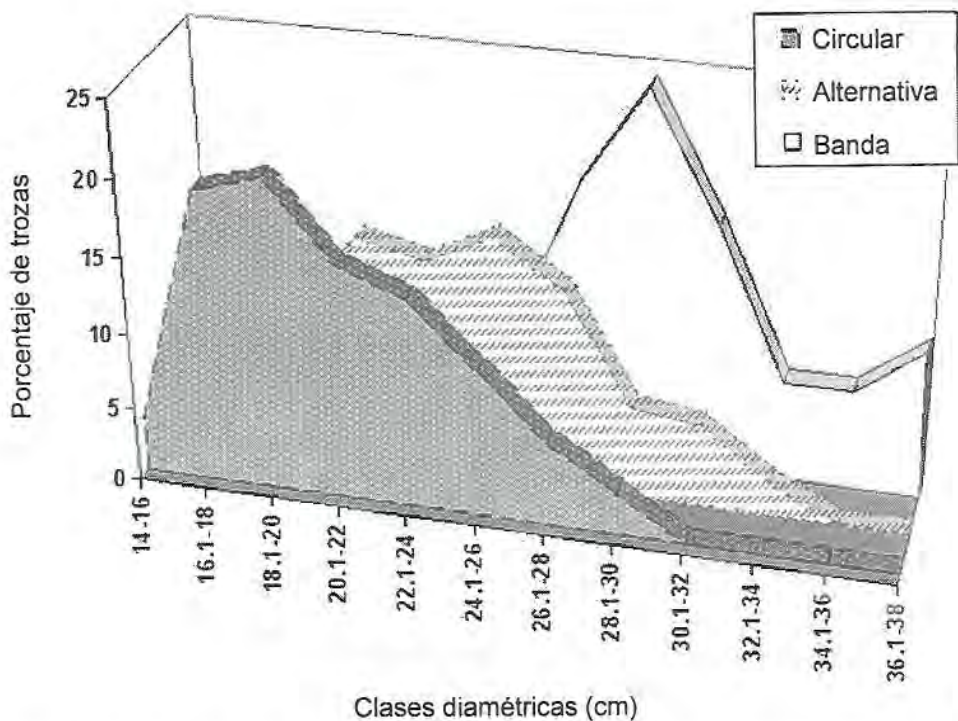


Figura 2. Distribución diamétrica de las trozas que elabora cada línea de aserradero en "La Baría"

### Procesado de la madera

Los despieces realizados según las diferentes líneas de aserrado son los indicados en la Figura 3 (d: diámetro de la troza en la punta delgada).



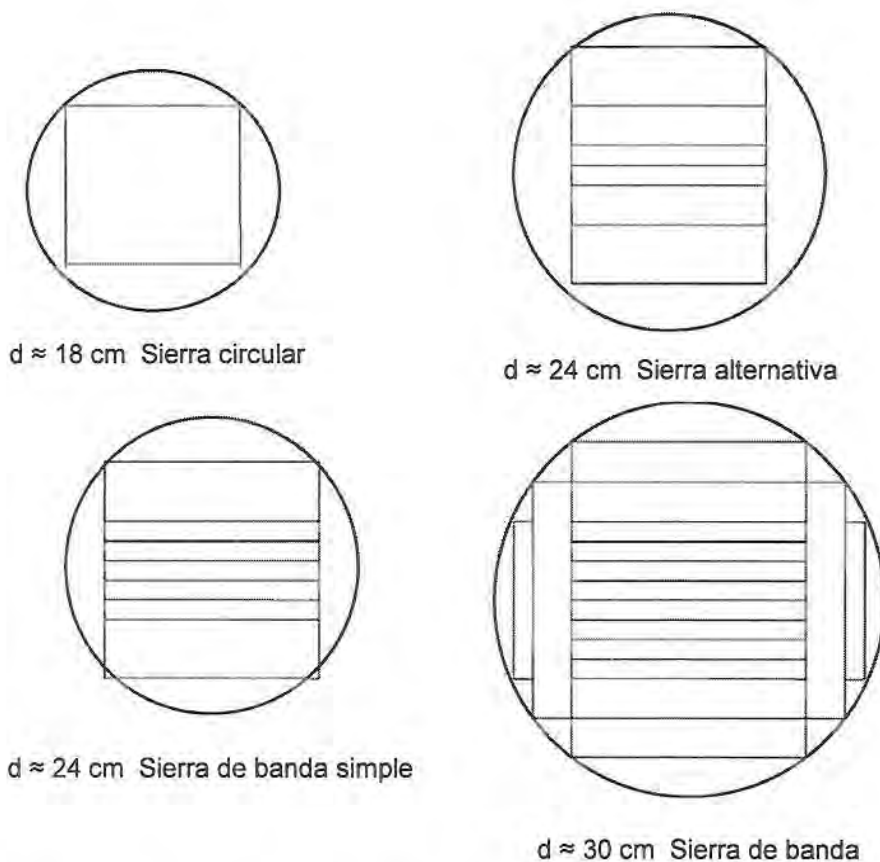


Figura 3. Despieces más comunes por diámetro en las diferentes sierras usadas en aserraderos del occidente de Cuba.

### Modelos matemáticos para estimar el volumen de serrín en las diferentes líneas de aserrado

Después de procesar los datos de las trozas elaboradas en cada una de las líneas de producción (SPSS versión 12.0) se obtuvieron los estadígrafos indicados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen estadístico de los valores del volumen de las trozas muestreadas en cada una de las líneas de producción de los aserraderos del occidente de Cuba.

Complejo	La Baría	La Baría	La Baría	La Jagua
	Sierra múltiple de banda+partidora	Sierra múltiple alternativa	Sierra circular	Sierra simple de banda
Estadística General				
Media (m <sup>3</sup> /troza)	0,04785	0,02103	0,01695	0,02020
Desviación estándar	0,01596	0,00799	0,00611	0,00928
Coefficiente de variación	33,3647	38,0293	36,0130	45,9208
Error estándar	0,00196	0,0089	0,0079	0,0098
Error medio absoluto	0,00393	0,00170	0,00159	0,00194
Error medio porciento	8,21317	8,41856	9,37776	9,58634
Número de muestras	44	57	52	83

El tamaño de muestra fue diferente para cada una de las tecnologías corroborando lo señalado por Gómez (1998), quien puntualiza que el tamaño de la muestra es proporcional a la variabilidad de la población y a la confianza con que se desean las estimaciones, e inversamente proporcional a la magnitud del error que se acepte.

Se realizó un análisis de correlación lineal entre todas las variables: volumen de la troza, volumen de residuos (costeros, corteza, despuntes, excepto serrín), volumen de surtidos (tablas, vigas, tablones) y clase diamétrica. Todas las correlaciones resultaron significativas al 5% salvo para el volumen de residuos y volumen de surtidos con la sierra circular, lo que sugiere una fuerte relación lineal; los valores más altos del coeficiente de correlación de Pearson (1896) correspondieron a la relación entre volumen de serrín y clase diamétrica que en todos los casos fue a 0,95; magnitud que para Prodan *et al.* (1997) es muy aceptable.

La multicolinealidad que es estadísticamente significativa entre las variables exógenas, el interés por identificar un modelo fiable pero a la vez sencillo y la

intención de facilitar el proceso de medición de la variable predictiva fueron los factores que condujeron a decidir que la clase diamétrica es la que mejor explica la variabilidad del volumen de serrín para cada troza (Egas, 1998; Fahey, 1993).

## Análisis de regresión

Los modelos de regresión lineal sin transformación presentaron los mejores índices de ajuste. Los altos coeficientes de determinación, un análisis de varianza altamente significativo y un error estándar relativamente bajo, son buenos indicadores de la calidad del ajuste de los modelos de predicción del volumen de serrín, en función de la clase diamétrica de las trozas de *Pinus caribaea*. El modelo empleado fue el lineal (Clark y Saucier, 1990) (Cuadro 2) (figuras 3, 4, 5, y 6).

León (1999) señala que es preferible un modelo expresado en las variables originales para una mejor interpretación de los resultados, siempre que ajuste adecuadamente y cumpla los supuestos teóricos del análisis de regresión. En el caso particular de los datos analizados en el presente estudio, en concreto, los ajustes lineales de primer orden no fueron superados en calidad por ninguno de los otros probados.

La desviación promedio indica la precisión de las estimaciones (Patterson y Armstrong, 1994), valores altos implican que la media calculada esté distante de la media real, en tanto el sesgo se reduce, más cerca estará la media de las predicciones, de la media real (Patterson *et al.*, 1993; Wiant, 1996), por lo tanto el volumen de serrín estimado se aproximará a la cuantificación del volumen real en cada una de las trozas.

Cuadro 2. Ecuaciones predictivas para el volumen del serrín en m<sup>3</sup> en función del diámetro de la punta delgada de la troza en cm.

Complejo	Tecnología	Ecuación regresión	Coefficiente correlación r	Error e	Estadístico F
La Baría	Sierra múltiple de banda + partidora	$V_s = -0,086 + 0,004775 \cdot d$	0.911	0.004	648.80
La Baría	Sierra múltiple alternativa	$V_s = -0,01662 + 0,001554 \cdot d$	0.903	0.002	722.38
La Baría	Sierra circular	$V_s = -0,03322 + 0,002556 \cdot d$	0.907	0.002	555.04
La Jagua	Sierra de banda simple	$V_s = -0,02621 + 0,002015 \cdot d$	0.97	0.002	2856.70

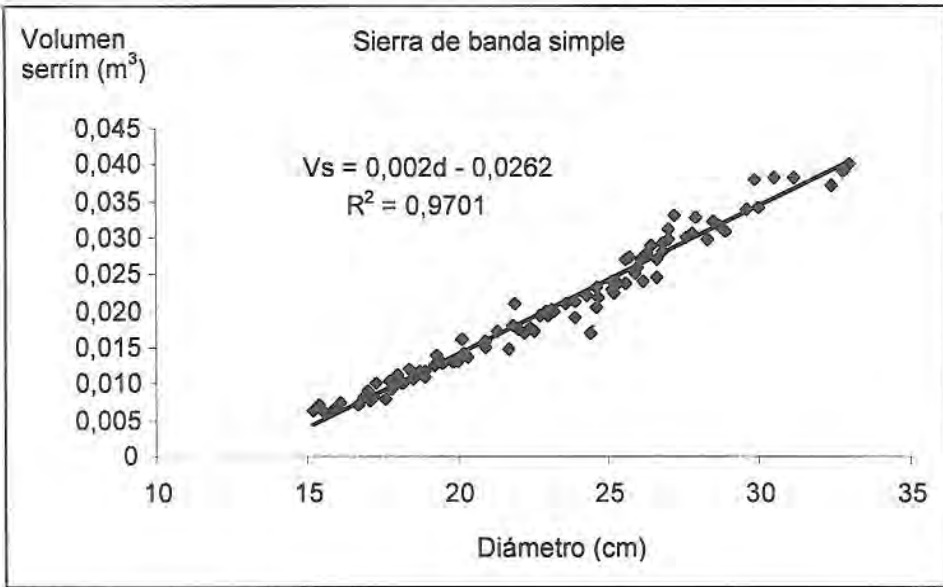


Figura 3. Ecuación predictiva para la sierra de banda simple.

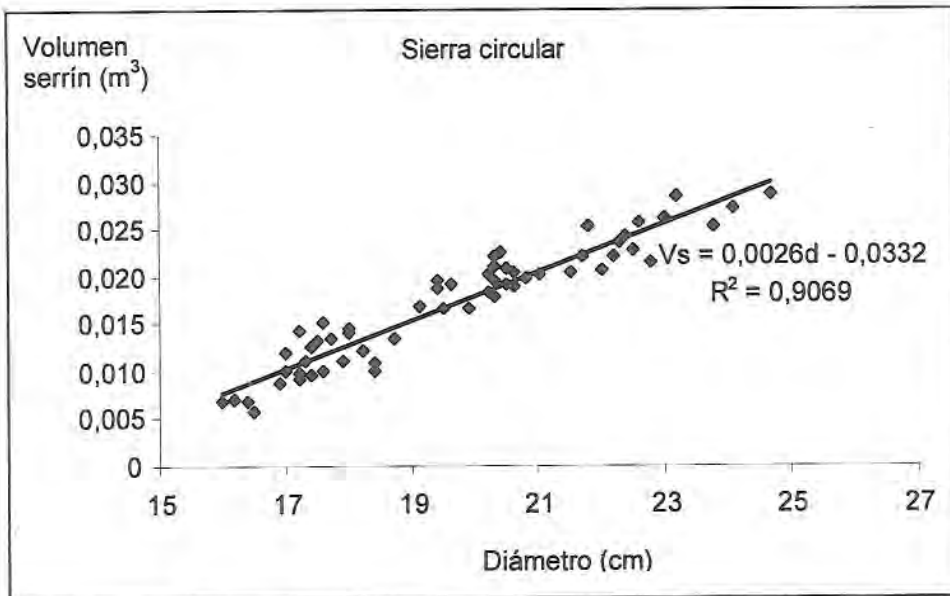


Figura 4. Ecuación predictiva para la sierra circular.



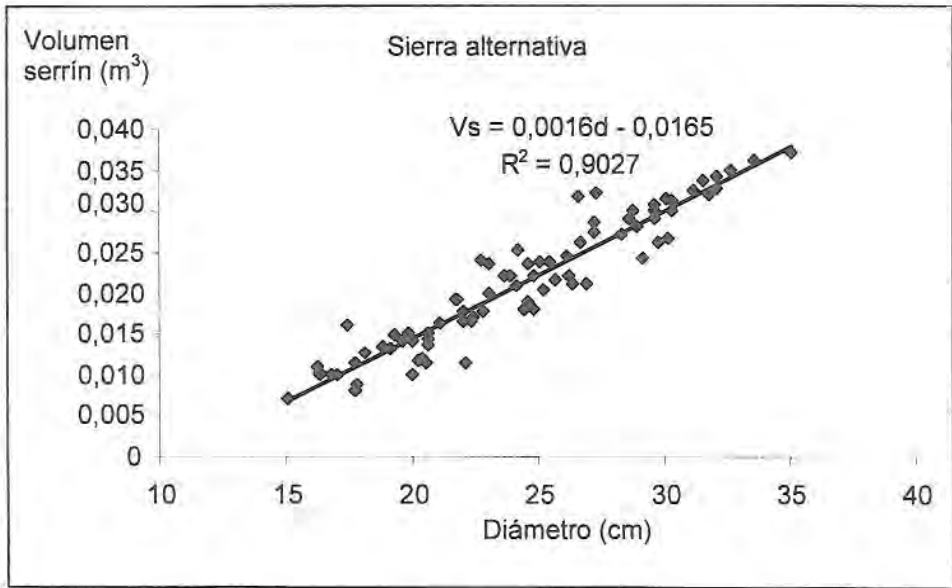


Figura 5. Ecuación predictiva para la sierra alternativa.

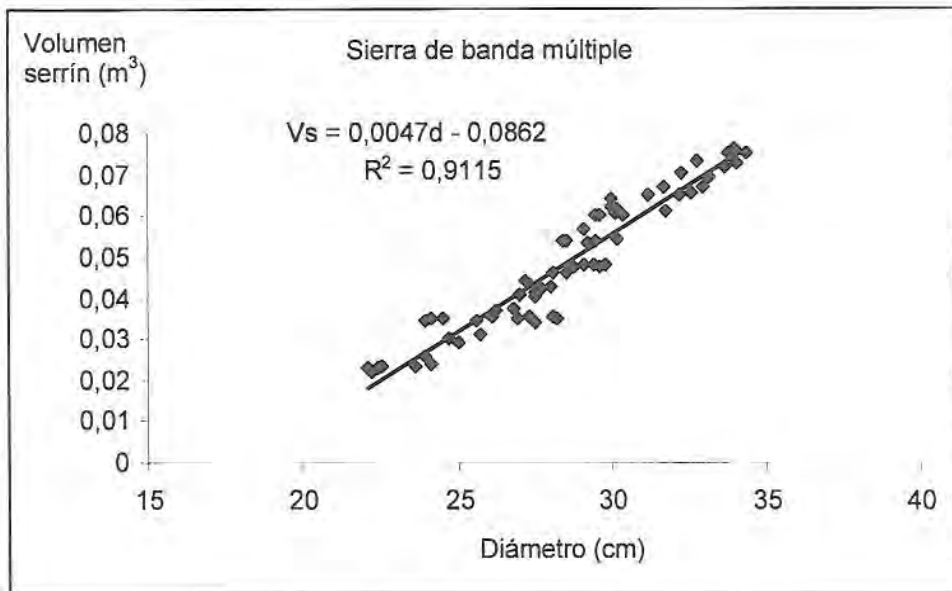


Figura 6. Ecuación predictiva para la sierra de banda múltiple.

Con base en los modelos generados, se evaluó el porcentaje de serrín en función del diámetro de la troza elaborada y para cada tipo de tecnología, los resultados se muestran en las figuras 7 y 8.

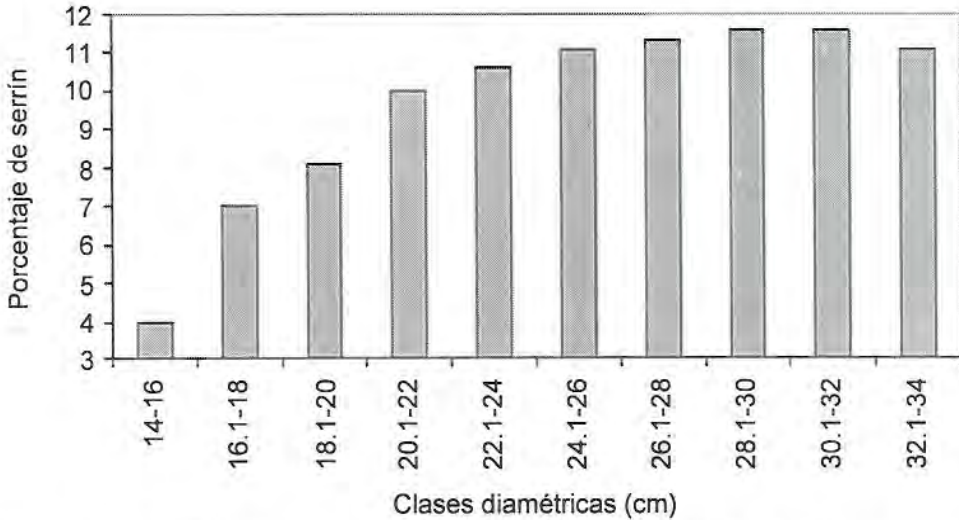


Figura 7. Relación entre clases diamétricas y porcentaje de serrín en el aserradero "La Jagua"

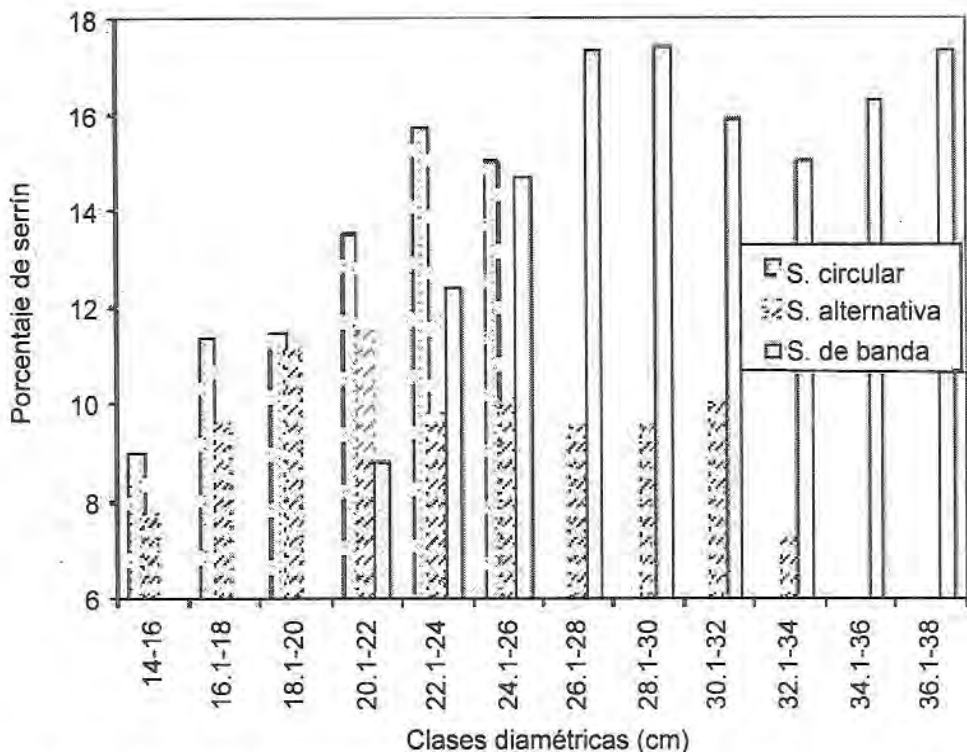


Figura 8. Relación de la clase diamétrica y porcentaje de serrín en el CAI "La Baría".

En la Figura 8, se observa cómo la tecnología que más serrín produce es la sierra circular, consecuencia del grosor más grande de la herramienta de corte. Si se compara la sierra alternativa con a la sierra de banda, resulta que esta última origina una cantidad superior de serrín a pesar de tener menor espesor la herramienta de corte; pero se justifica porque el número de cortes es mayor (Figura 1).

Esto se comprueba al comparar el volumen de serrín del aserradero de "La Jagua", que dispone de sierra de banda simple para producir fundamentalmente tablones y muy pocas tablas; con la línea de sierra de banda múltiple del complejo "La Baría" en el que el despiece consiste en elaborar tablas y cuya producción de serrín es superior en un 25%. Datos que coinciden con los resultados obtenidos por Plank (1985) y Fahey y Ayer (1993), quienes puntualizan la importancia de los esquemas de cortes utilizados en la generación de los desperdicios. Dichos autores citan que las líneas de producción a base de sierras de banda múltiples

como componente principal, y sus equipos en el flujo productivo, ganarán cada vez más espacio en el mercado mundial; al respecto Carpio (2003) apunta que la estrategia nacional en Cuba debe dirigirse hacia la modernización e instalación de plantas de este tipo, según las posibilidades de inversión en el sector maderero.

Al extrapolar los datos de volumen de serrín obtenidos al resto de los aserraderos de cierta importancia existentes en el occidente de Cuba, se obtiene un total de aproximadamente 14,000 m<sup>3</sup> que suponen alrededor de 3,000 toneladas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estimaciones de volumen de serrín en los cuatro aserraderos de mayor capacidad en la provincia de Pinar del Río. Humedad al 50% (b.h).

E.F.I	Centro de producción	Año base	Madera rolliza (m <sup>3</sup> ) (producción)	Volumen de serrín (m <sup>3</sup> )	Peso de serrín (t)
La Palma	La Jagua	2002	6 727,3	636,50	134,00
La Palma	La Baría	2002	32 020,0	4 157,55	875,27
Macurijes	Combates de las tenerías	2002	30 183,0	4 172,17	878,35
Minas de Matahambre	Álvaro Barba Machado	2003	41 172,0	5 336,80	1 123,54
	Total		110 122,3	14 303,02	3 011,19

## CONCLUSIONES

El volumen de serrín que se produce en los aserraderos depende del diámetro de las trozas elaboradas, de la tecnología de sierras empleadas y de los despieces que se realizan en las trozas.

El tipo de herramienta de aserrado y la clase diamétrica de las trozas explican más del 90% de la variabilidad del volumen de serrín producido.

Las ecuaciones lineales dan buenas estimaciones de producción de serrín en relación al diámetro de la troza.

Los residuos de serrín resultantes de la industria de aserrado en el occidente cubano superan los 14,000 m<sup>3</sup> / año y carecen de cualquier uso en la actualidad, pero podrían utilizarse como fuente energética.

## REFERENCIAS

- Álvarez, E. 1999. Perspectivas de aprovechamiento del serrín mediante su transformación hidrolítica y como fuente de biomasa para diversos fines. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. 150 p.
- Carrasco, J. 2001. La biomasa como recurso renovable para la producción de calor y electricidad. "Tecnologías energéticas e impacto ambiental". Ed. Mc. Graw-Hill Profesional. Madrid, España. pp. 25-38.
- Carpio, F. 2003. Informe de la propuesta preliminar del desarrollo forestal en Pinar del Río. Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba. 18 p.
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). 2001. Regulaciones del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente sobre el vertido de residuos de la industria forestal. La Habana, Cuba. 22 p.
- Clark III, A.; J. R. Saucier. 1990. Tables for estimating total-tree, stem weights, and volumes of planted and natural southern pines in the southeast. Georgia Forestry Commission. Georgia Forestry Research Paper 79. Macon, GA. USA. 13 p.
- Egas, A. 1998. Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversión de la madera en rollo de *Pinus caribaea* Moralet en sierras de banda. Tesis de Doctorado en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 116 p.
- Fahey, T. D. and J. K. Ayer Sachet, 1993. Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona an New México. USDA Forest Service Research Paper PNW-RP-467. Pacific Northwest Research Station. Portland, OR. USA. 18 p.
- Gómez, B. 1998. Elementos de la estadística descriptiva. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 502 p.
- León, M. 1999. Tratamiento económico-matemático en el perfeccionamiento de plantaciones puras, Tesis de Doctorado. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 148 p.
- Márquez, F. 1999. Estudio de las Posibilidades de aprovechamiento del serrín de *Pinus caribaea* Moralet var. *caribaea* en la obtención de carbones activados, Tesis de Doctor. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 157 p.
- Marcos, F. 1985. Aplicación de técnicas multidimensionales a la planificación energética. Rev. Energía. Año XI. N° 4: 97-104.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI) 2003. Informe anual de la estadística forestal del país. Ed. Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba. 34 p.



- Ministerio de Agricultura (MINAGRI) 2004. Estadística forestal de la provincia de Pinar del Río. Datos anuales. La Habana, Cuba. 25 p.
- Paterson D., H. V. Wiant Jr. and G. B. Wood 1993. Errors in estimating the volume of butt logs. *Forest Products Journal* 43(3): 41-44.
- Patterson D., W. and J. P. Armstrong. 1994. Predicting equations for determining board foot recovery from saw bolts. *Forest Products Journal* 44(4): 40-42.
- Pearson, K. 1896 Contributions to the mathematical theory of evolution I: On the dissection of asymmetrical frequency curves. *Philosophical Transactions*, A 185, part I. pp. 57-69.
- Plank, M. 1985. Lumber recovery from ponderosa pine in the Black Hills, south Dakota. USDA Forest Service Research pper PNW-328. Pacific Northwest Forest And Range Experiment Station. Portland, OR. USA. 14 p.
- Prodan. M, R. Peters, F. Cox y P. Real 1997. *Mensura Forestal*. San José, Costa Rica. 561 p.
- Van Belle, J. F and Y. Schenkel. 1998. Energy from residues in the forest industry. *Welt Forum Wald*. Schneverdingen, Germany. 3 p.
- Vignote. S y F. Jiménez. 1996. *Tecnología de la Madera*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 602 p.
- Vignote. S y F. Jiménez. 2000. *Tecnología de la Madera*. 2<sup>da</sup> Edición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 600 p.
- Wiant, H. V., Jr., D. W. Patterson, C. C. Hassler, G. B. Wood, and J. C. Rennie. 1996. Comparison of formulas for estimating volumes of butt logs of Appalachian hardwoods. *North. J. Appl. For.* 13(1): 5-7.



# EL “OTRO” MÉXICO FORESTAL (LA ACTIVIDAD FORESTAL ILÍCITA)

Miguel Caballero Deloya<sup>1</sup>

## RESUMEN

La actividad forestal de México transita a lo largo de dos avenidas económicas. Una de ellas es “la ilegal” por lo cual carece de estadísticas, pero paradójicamente, es de pleno conocimiento público y tiene gran impacto ecológico, social y económico. Esta modalidad ha ido creciendo en el país, demostrando la incompetencia de la sociedad y del sector gubernamental para combatirla. Su éxito se basa en la eficiente operación de la cadena productiva que incluye cuatro eslabones: a) la corta furtiva; b) el transporte de madera clandestina; c) la industrialización de madera ilegal y d) la comercialización de productos de madera furtiva. En este contexto, la histórica incompetencia gubernamental se debe a: 1) una legislación que no se ha aplicado, o bien se ha empleado inapropiada o discrecionalmente; 2) servicios forestales reducidos, ineficientes, con escasos recursos, cargados de burocracia, vicios y corrupción; 3) políticas públicas centralizadas, elaboradas por funcionarios desconectados de la realidad, poco prácticas y en continuo cambio. Dada la invaluable importancia de los recursos forestales para la sociedad, el combate a la ilegalidad forestal se logrará mediante una sólida cruzada nacional, proceso enteramente transparente basado en un seguimiento estrecho a los cuatro eslabones de la cadena productiva forestal; además de promover y recompensar la actividad legal.

**Palabras clave:** Administración forestal, comercio de productos forestales, legislación forestal, madera clandestina, políticas públicas, tala ilegal.

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2006.

Fecha de aceptación: 23 de mayo de 2008.

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados. Correo-e: [mcaballero@colpos.mx](mailto:mcaballero@colpos.mx)

## **ABSTRACT**

Forestry in Mexico moves along two main economic avenues. One is illegal and lacks of statistics. It is well recognized however, and has important ecological, social and economic impact. Illegality in Mexican forestry has been growing, demonstrating society and governmental incompetence for its fight against. Its success is based in the efficient operation of the illegal production chain, whose links are: a) illegal log harvesting; b) Transport of illegal logs; c) Industrialization of illegal logs and (d) Commercialization of products from illegal logs. The historic incompetence of the government to fight forestry illegality is due to: 1) non applied or inappropriately or discretionally applied legislation; 2) limited, inefficient forest services operating with poor financing, high bureaucracy and corruption; 3) centralized, scarcely applied and continuously changing public policies, made by bureaucrats disconnected from reality. Given the invaluable importance of forest resources to society, it is recommended to fight forest illegality as a national crusade, with adequate financing, entirely transparent process, based on a close follow up on the four links of the forest production chain, in addition to promoting and awarding the legal forest activity.

**Key words:** Forest administration, forest product commercialization, forest legislation, illegal logs, public policies, illegal harvesting.

## **INTRODUCCIÓN**

México, como la gran mayoría de los países en proceso de desarrollo, transita a lo largo de dos grandes avenidas económicas. Por un lado, destaca el "circuito oficial", esto es, el sistema conocido, controlado, que paga impuestos, que fluye en las cifras económicas y entra en las estadísticas nacionales. El otro circuito lo representa la economía clandestina, la que se basa en el hurto o uso ilegal de bienes, productos o tecnologías, del cual se carece de estadísticas o se tiene poca información, y por lo tanto, no ingresa al Producto Interno Bruto. Sin embargo, tan importante vertiente está profundamente "enraizada" en el México actual, y ha constituido, a lo largo de la historia contemporánea del país, el sustento y medio de vida de miles de mexicanos.

El desarrollo forestal de nuestro país ilustra las dos grandes avenidas económicas referidas. Lamentablemente, en años recientes, la actividad ilegal ha alcanzado niveles insospechados (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2007).

El presente documento destaca algunos aspectos relevantes sobre el particular, cuyas repercusiones están deteriorando a los bosques de forma creciente, lo que genera efectos adversos a la sociedad en general.

## La importancia y el valor de la producción forestal ilegal

Por la intrincada naturaleza del fenómeno, no existen estudios que aporten estimaciones enteramente confiables del valor de la producción forestal ilegal en México. No obstante, diversas fuentes han aportado cifras estimativas sin estar sustentadas en una auténtica evaluación de la cosecha maderable furtiva que se extrae de los bosques de México. Por ejemplo, en la década de los años ochentas se citó que "Según los cálculos de personas relacionadas con la actividad forestal en los estados del norte y del sur del país, la explotación clandestina alcanza volúmenes mayores al 50% de los autorizados anualmente para cortar por la Subsecretaría" (González, 1980).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de su Anuario de la Producción Forestal correspondiente al año 2003 (FAO, 2005b), registra una producción total de madera en rollo para México de 45.51 millones de metros cúbicos. Si se considera que la cifra oficial de producción de dicho bien para el año 2003, fue de 7.0 millones de metros cúbicos (15.38% del total) (SEMARNAT, 2003), puede concluirse que 38.51 millones de metros cúbicos de madera en rollo, es decir, 84.62% de la producción total, se cosechó de manera furtiva, sin ningún tipo de control. Dicha cifra involucra tanto la madera que las comunidades extraen con fines domésticos, en particular con propósitos de leña combustible, como aquella que los grupos organizados obtienen para su venta ilegal.

**La ilegalidad en la cadena productiva.-** Sin lugar a dudas, parte importante del progreso creciente que ha registrado la actividad forestal informal se debe a que ha logrado conectar de manera eficiente a los eslabones que integran la cadena productiva (Figura 1). Así, la madera que se aprovecha de modo clandestino en los bosques (primer eslabón), se transporta de forma ilegal a centros de acopio o a los mismos patios de concentración de plantas procesadoras (segundo eslabón), donde se industrializa (tercer eslabón) y se traslada hacia los centros de venta o comercialización (cuarto eslabón) para llegar finalmente al consumidor. En cada uno de esos pasos existen los mecanismos y los agentes coordinados e interconectados que propician la operación del sistema.

El éxito del proceso lo garantiza el producto final, que por su origen resulta mucho más económico que el de procedencia legal. Desafortunadamente, la condición final de los bienes forestales que se generan no permite diferenciar el origen legal o ilegal de los mismos, salvo en el caso de los que cuentan con certificación, trámite todavía incipiente y poco aplicado en los países en desarrollo como México.





Figura 1. Los cuatro eslabones de la cadena productiva de la actividad forestal ilegal.

Los aprovechamientos ilícitos.- La extracción ilegal de madera en México está ligada a la historia y al desarrollo del país. Desde antes de la Conquista Española, los bosques fueron considerados por nuestros antecesores como un recurso ilimitado, de propiedad común, del cual podían sacarse sin restricciones productos maderables y no-maderables (hongos, frutos, plantas medicinales, leña combustible, etc.). Con el paso del tiempo y, no obstante la generación de derechos de propiedad sobre los recursos forestales, como resultado de "usos y costumbres", la explotación libre por parte de las comunidades y grupos rurales prosiguió en muchas regiones forestales del país, sin mayor cambio hasta la época actual.

Sobre la corta clandestina, desde hace más de un cuarto de siglo se destacó que no existen, como es de suponerse, datos estadísticos; sin embargo su presencia es aceptada por todos, incluso por las autoridades forestales como un hecho cotidiano e inherente a la actividad forestal (González, 1980).

El Programa Estratégico Forestal para México 2025, enuncia seis causas de la tala ilegal (CONAFOR, 2003):

1. Tenencia de la tierra.- Los conflictos de tenencia de la tierra que prevalecen en muchas regiones forestales, han sido causa de que extensas superficies de bosque se mantengan ociosas y sin brindar ningún tipo de aportación a sus dueños actuales o potenciales. Tal situación ha constituido un caldo de cultivo para la explotación furtiva de los recursos arbóreos, lo que se complica todavía más, dada la dilación en los procesos legales involucrados en su formalización.

Otro problema vinculado con lo anterior es causado por el propio Estado, que, en casos de expropiaciones de terrenos forestales, no ha cumplido con las indemnizaciones comprometidas a lo largo de los años; tal es el caso, por ejemplo, del área que cubre el decreto del Parque Nacional Ixta-Popo, Zoquiapan y anexos, cuyos propietarios, ejidatarios o comuneros se consideran con derecho a la explotación del bosque sin ninguna limitante, cosa que es ya práctica común (CNAP, 2006).

No se conocen datos de la magnitud de la tala ilegal en comunidades o ejidos

forestales con derecho de propiedad y aquellos que no lo tienen. No obstante, todo parece indicar que la extracción furtiva de madera se intensifica en el segundo caso, motivada precisamente por la incertidumbre existente y la imposibilidad de tener acceso al aprovechamiento legal del recurso.

2. Incapacidad e insuficiencia para la inspección y vigilancia.- La naturaleza física y la extremadamente amplia dispersión de los recursos forestales, en la geografía de México, ha imposibilitado la implementación de un sistema eficiente de inspección y vigilancia.

El Servicio Forestal en el pasado y, en la actualidad la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), han carecido de suficiente personal para realizar con eficiencia su labor; en el caso de la PROFEPA tampoco organiza actividades de adiestramiento que sistemática y periódicamente capaciten a sus inspectores y supervisores sobre el empleo de los sistemas y tecnologías más recientes para ese propósito. El agravante principal es que no se ha contado con los recursos financieros necesarios para promover la adquisición de equipos modernos para la detección y evaluación de la tala clandestina (helicópteros; torres de vigilancia; equipo electrónico de transmisión de imágenes; adquisición y manejo de fotografías aéreas recientes a la escala adecuada, imágenes de satélite, etc.). En años recientes el Estado ha otorgado el mayor presupuesto para el combate a la actividad forestal ilícita. Se ha citado que para el año 2004, el gobierno federal mediante seis instancias canalizó la suma de \$68,165,515.00 para la lucha contra la tala ilegal en 15 zonas críticas prioritarias (La Jornada, 2004).

3. Falta de oportunidades de trabajo en algunas regiones del país.- Es un hecho reconocido y aceptado que en las regiones forestales de México se concentra la población y las etnias que viven en las condiciones de máxima marginación y pobreza. Sin duda, los recursos forestales les han representado una alternativa fundamental de supervivencia, aportándoles diversos tipos de bienes, tanto para consumo y uso local, como para la obtención de algún ingreso adicional, mediante la venta de madera labrada, tejamanil, carbón, leña combustible, y otros productos; actividad que se combina con pequeños desmontes para siembra de cultivos básicos de autoconsumo. El problema se complica aún más si se considera que en muchas de estas áreas forestales ha proliferado el cultivo de enervantes, fomentando la actividad ilícita que más preocupa a la sociedad mexicana actual.

4. La adquisición de madera ilegal por el sector industrial.- La tala clandestina no tendría mayor impacto en el sector forestal del país y en el resto del mundo si no fuese por la disposición para la adquisición e industrialización de madera ilegal. La Unión Europea ha destacado que en naciones como Indonesia, Camerún y Cambodia, "el procesamiento industrial de trozas, como parte del

sistema de concesión que opera corrientemente, es uno de los principales promotores de la tala ilegal. Contribuye poco a la economía de estos países, crea conflictos con la población local y es perjudicial a su sustento" (The Forests and the European Union Resource Network, 2002).

Se desconoce cuánta madera de este origen ingresa a las plantas industriales nacionales, pero se reconoce que el éxito de su extracción, lo mismo en México que en muchos países, reside en su ulterior procesamiento. Esto es posible por el contubernio entre algunos empresarios de la madera con los responsables del contrabando de productos forestales.

5. La corrupción y colusión de diversas autoridades que participan en esta actividad ilegal.- La corrupción es un cáncer cultural inserto en el quehacer y en todo el ámbito de la sociedad mexicana. Sobre el particular, el sector forestal no es una excepción, estando ligado a la misma a lo largo del desarrollo histórico del país. Por tal motivo, buena parte del éxito y del crecimiento que han tenido las operaciones forestales ilegales en México, han estado sustentadas en la corrupción de las autoridades y funcionarios responsables directa o indirectamente de la inspección y la vigilancia, en colusión con autoridades civiles y militares.

Con relación a la tala clandestina, la corrupción ha tenido presencia en la extracción de madera en parques nacionales, reservas, zonas vedadas y otras áreas prohibidas a los aprovechamientos; mediante la aprobación de presuntas o injustificadas cortas de saneamiento; cortas que rebasan la posibilidad autorizada; regularización de la extracción y transporte de madera procedente de talas ilegales, etc.

Una de las formas frecuentes como se dio la corrupción en las autoridades forestales del pasado, fue por medio de la autorización de cortas o permisos emergentes, tanto con supuestos fines de sanidad, como de atención a necesidades urgentes de materias primas. Un ejemplo fue mencionado por un ex subsecretario forestal, quien al referirse al periodo presidencial de Don Adolfo Ruiz Cortines, citó: "En dicho periodo se otorgaron los llamados «permisos de emergencia», con el aparente propósito de facilitar la provisión de durmientes para los ferrocarriles. Dichos permisos, carentes de estudios dasonómicos previos y dados con la mayor «liberalidad», fueron motivo de tremenda destrucción en áreas muy extensas del país (Beltrán, 1966).

6. La existencia de grupos organizados para este fin.- La operación de grupos organizados dedicados a la tala clandestina se ha incrementado a través de los años, intensificando su actividad de manera significativa. Es evidente que los intentos para combatir la ilegalidad forestal con una legislación específica han fracasado por dos razones fundamentales, a saber: el proceso conducente a la aplicación de las leyes y los reglamentos forestales ha

propiciado una gran burocratización, que a su vez promueve la corrupción. Por otro lado, la nula o escasa penalización efectiva a los delitos y faltas forestales han incentivado los caminos de la ilegalidad.

No existe a la fecha un estudio serio, formal, con base metodológica que haya conducido a una estimación confiable del monto de la cosecha ilegal de madera en el país. Pero, una de las instituciones de mayor credibilidad al respecto, la PROFEPA "estima que desde mediados de los noventa el volumen de producción forestal clandestina es cuando menos equivalente a la cantidad que se extrae legalmente, y es muy probable que alcance un valor económico considerable" (Merino y Segura, 1993). Por otro lado la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca registró hace un par de años, que de 12 millones m<sup>3</sup> de madera que se comercializan al año, 8 millones corresponden a madera legal, de tal manera que entre 3 y 4 millones m<sup>3</sup> son aprovechados de forma ilícita (La Jornada, 2004).

La tala clandestina de madera en México tiene dos componentes, la explotación tipo hormiga y la que ejercen grupos organizados (Figura 2).

a) Explotación "tipo hormiga".- La llevan a cabo poblaciones y comunidades que tienen contacto con los recursos forestales y son muy dependientes de ellos.

La mayor parte de esa cosecha se utiliza con propósitos de autoconsumo, fundamentalmente como leña combustible. Se ha documentado que el volumen anual de madera aprovechada para energía es del orden de 37.8 millones de metros cúbicos, esto es, más de cinco veces la producción anual que se canaliza a la industria forestal. De dicho total, se comercializan 12 millones de metros cúbicos de madera en rollo, cuyo valor estimado es de US\$300 millones (Musálem, 2000).

Otra porción del aprovechamiento se canaliza a usos domésticos (madera para construcciones rurales, postería y otros fines agrícolas y ganaderos; madera para aperos de labranza, etc.). Un volumen de la extracción maderable que realizan los habitantes rurales se vende a plantas industriales, madererías y a la sociedad urbana que se localiza en las cercanías a los sitios donde se hacen las cortas.

En algunas entidades, y de manera específica en el estado de Michoacán, una parte importante del volumen de madera procedente de actividades clandestinas, se destina a la elaboración de artesanías. Tal situación se concentra en los alrededores de poblados como Quiroga, Paracho y Uruapan, entre otros.

Aunque la extracción de madera que se da en estas condiciones, desde una perspectiva individual no aparenta ser dañina, el procedimiento involucra a mucha gente y se ha llevado a cabo durante tantos años, que ciertas zonas que

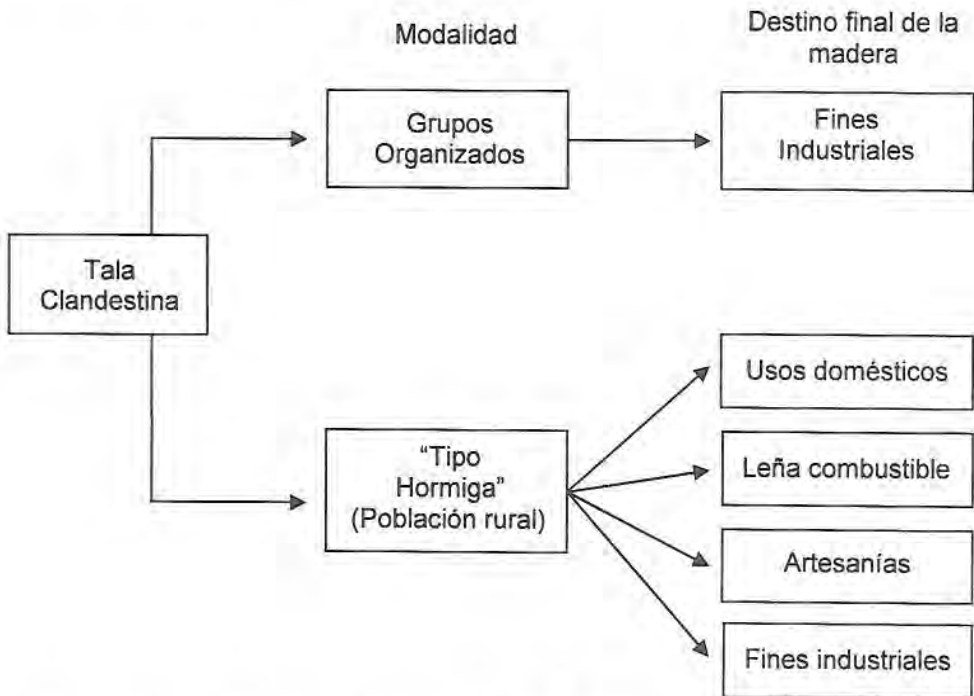


Figura 2. Agentes causales y destino final de la madera proveniente de talas clandestinas en México.

en el pasado constituyeron bosques, hoy son amplias extensiones denudadas y severamente afectadas por los agentes erosivos. Al respecto, el Banco Mundial (1991) destacó que: "A pesar de ser un proceso lento, la combinación de miles de gentes extrayendo madera durante varios días a la semana, en donde la densidad de la población local es elevada y los mercados urbanos están a un día de camino, ha degradado grandes áreas de los bosques mas accesibles".

El proceso de degradación descrito es evidente en varias áreas rurales de los estados de México, Puebla, Oaxaca y Michoacán, por citar algunas situaciones extremas. Se ha señalado que en la Meseta Tarasca de Michoacán, "los ingenieros forestales estimaron que con dichas prácticas se estaban extrayendo mayores volúmenes que con el corte legal anual" (Caro, 1987 citado por Snook, 1993).

Referente a la tala clandestina en el Estado de México, en un taller efectuado en el marco de la Revisión del Programa Estratégico Forestal (PEF) y del



Programa Nacional Forestal (PNF) 2001-2006, se destacó: "La tala ilegal es un fenómeno grave y hasta de amenazas de muerte (caso Ejido Presa de Arroyo Zarco, Almoloya de Juárez). Se quejan de colusión entre el gobernador y los taladores. Se propone eliminar con toda energía a los aserradores clandestinos para poder poner orden".

b) Cortas furtivas por grupos organizados.- De acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2006), en décadas recientes han proliferado grupos con alto grado de organización y con sistemas cada vez más sofisticados, equipados con motosierras, camiones y metralletas que con gran eficiencia y rapidez derriban árboles, los convierten en trozas y los transportan a establecimientos industriales para su inmediata transformación. Una parte de ellos opera en horas nocturnas; sin embargo, otros lo hacen a plena luz del día. El éxito de estas operaciones se debe a la colusión de contrabandistas con autoridades encargadas de la inspección y vigilancia forestal. No obstante, se da el caso también de tala ilegal en áreas ligadas al cultivo de enervantes, donde la ausencia de gobernabilidad, prácticamente cancela toda oportunidad de control.

Por la naturaleza y la forma como operan dichos grupos, su combate ha tomado caracteres de alta peligrosidad. Por este motivo, los operativos dirigidos contra los mismos, usualmente se hacen con la participación de contingentes armados en los que participan el Ejército Mexicano, la PROFEPA, las Procuradurías Generales de Justicia Estatales, policías municipales y otras instancias (Notimex, 2006). En 2004, la Presidencia de la República informó que PROFEPA decomisó 15,300 m<sup>3</sup> de madera ilegal, mediante 129 operativos forestales, como resultado de los cuales se consignó a 103 personas ante el Ministerio Público (La Jornada, 2004).

Con base en la gravedad del problema de la extracción clandestina de la madera en México, la PROFEPA (2007) estableció en el año 2006, 32 zonas críticas forestales prioritarias en 24 estados. De ellas, las siete a continuación fueron calificadas como AAA; es decir, con categoría de atención urgente: 1. La Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca, (Estado de México y Michoacán); 2. Lagunas de Zempoala (Morelos y Estado de México); 3. Región del Izta-Popo (Estados de México, Puebla y Morelos); 4. Los Chimalapas (Oaxaca); 5. El Ocote (Chiapas); 6. Montes Azules (Chiapas) y 7. Montaña (Guerrero).

Sin lugar a dudas, la extracción ilegal de madera en las regiones forestales se asocia a la densidad de población que existe dentro de las mismas (PROFEPA, 2007). Por este motivo, las regiones del altiplano central y del Eje Neovolcánico son las que se han visto más devastadas por esa actividad. La existencia de caminos para el transporte rápido de la madera robada, la presencia de áreas de concentración y transformación cercanas, y la ausencia de vigilancia son los factores adicionales que crean el cuadro de condiciones favorables para la promoción de la tala ilícita.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2002) establece que la ilegalidad en la extracción de madera es de diferentes formas (Cuadro 1).

Cuadro 1: Modalidades adoptadas en la extracción de madera ilegal.

Explotaciones no permitidas	Explotaciones ilegales en áreas actuales o potencialmente sujetas al aprovechamiento forestal
En áreas protegidas (reservas, parques, áreas de protección, etc.)	Explotación sin autorización
En áreas prohibidas (laderas, riberas de ríos y cuencas hidrográficas)	Obtención de concesiones forestales mediante sobornos
Explotación de especies no permitidas	Extracción de volúmenes de madera mayores a los autorizados
	Explotaciones que rebasan los linderos de las áreas autorizadas

Por la condición que guardan los parques nacionales de México, donde no existe reclamo a la extracción de madera, y la vigilancia es prácticamente inexistente, gran parte de la tala clandestina se ha centrado en tan importantes y estratégicas áreas forestales. La máxima intensidad de este fenómeno se ha concentrado en los parques que soportan mayor densidad de población; destaca de manera especial, el Parque Nacional Izta Popo.

El transporte clandestino.- La FAO (2002) ha identificado cinco prácticas ilegales en el sector forestal de América Latina, por cuanto se refiere al transporte, comercio y contrabando de madera:

1. Transporte de madera sin autorización.
2. Transporte de madera explotada en forma ilegal.
3. Contrabando de madera.
4. Exportación e importación de especies forestales prohibidas por leyes internacionales, tales como la Convención sobre el tratado Internacional en especies de la flora y fauna en peligro de extinción (CITES).
5. Exportación e importación de maderas prohibidas por normas nacionales.

La experiencia evidencia que las cinco prácticas citadas son de ocurrencia en México.

El transporte ilegal de madera en el territorio mexicano se ha dado a lo largo de décadas, por medio de la falsificación o duplicación de la documentación que ampara el traslado del producto que procede de aprovechamientos forestales legalmente autorizados y cuya autorización de operación es vigente. Para resolver este problema, el titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales anunció en el año 2004, el empleo "de un formato único en papel de seguridad para el control en el transporte de materias primas forestales" (La Jornada, 2004). Hasta donde se pudo averiguar, tal sistema no se ha puesto aún en práctica.

Otro de los factores relevantes, ha sido la corrupción. Así por muchos años, el soborno a los "caseteros" o "vigilantes forestales" ubicados en sitios por donde circulaban los contrabandistas de productos forestales, fue un hecho reconocido y aceptado por la sociedad.

**La Industrialización Ilegal.-** La transformación o industrialización clandestina de materias primas forestales se lleva a cabo, tanto en plantas de transformación ilegales como en centros industriales que operan en condiciones legales.

Para ilustrar el problema de las instalaciones del primer tipo, González (1980) describió una visita a Santa María Chimalapa, localizado entre los límites de Oaxaca y Chiapas, en la cual las autoridades del pueblo dieron a conocer una denuncia que recientemente habían interpuesto ante las autoridades estatales, y en ella enumeraban a 10 aserraderos que trabajaban en forma clandestina en las tierras de la comunidad; dicha lista contenía los nombres de sus propietarios, así como la ubicación exacta de los mismos.

El gran estímulo que tienen los dueños de establecimientos industriales legales para procesar madera ilegal, es un menor precio en la materia prima, que se refleja de manera impactante en sus utilidades netas, pues, a pesar de su origen, legal o ilegal, no presenta diferencia alguna, y por lo tanto, no tiene efecto en la calidad o en las propiedades físicas del producto final; así, la ilegalidad incursiona a la legalidad, y el proceso de comercialización se da libremente.

En tanto la madera procedente de aprovechamientos autorizados surte a todo tipo de industrias forestales (contenedores, manufacturas, aserrío, tableros, celulosa y papel), la de origen ilegal se canaliza, básicamente, a la fabricación de contenedores de bajo costo, artesanías, y aserrados rústicos, ya que por su propia condición, se busca su pronta transformación, razón por la cual con frecuencia se recurre a establecimientos rústicos, ubicados lo más cerca posible a la zona de los aprovechamientos. Tal situación ha fomentado la operación de pequeños aserraderos furtivos en regiones de intenso tráfico ilegal de madera como ocurre en zonas arboladas de Oaxaca y Michoacán. En esta última entidad, la propia Comisión Forestal del Estado ha reconocido la existencia de clandestina (SEMARNAT, 2004).

En algunas partes del país, como sucede en la región denominada "Izta Popo" (Estado de México, Puebla y Morelos), con una gran proporción de corta clandestina a cargo de los habitantes locales, se da una intensa transformación de carácter artesanal, la que se realiza en el propio bosque. Se practica el ocoteo y se elabora carbón, labrados, tejamanil, madera aserrada a mano y otros productos de rápida manufactura, que son transportados en su mayoría por equinos a las poblaciones cercanas, donde se incorporan al mercado.

La comercialización de productos de materia prima clandestina.- El éxito del mercado ilícito de la madera en México tiene fundamento en dos factores: la demanda creciente de productos derivados de la madera y el bajo costo de esta materia prima. Lo anterior se ve favorecido por la escasa o prácticamente nula vigilancia forestal.

El problema expuesto, que en el presente estudio se analiza desde la perspectiva de México, tiene grandes implicaciones a nivel internacional. Se ha estimado que en el mundo, cada año se generan \$23 mil millones de dólares por concepto de fabricación de productos forestales con material de dudosa procedencia. Cerca de \$5 mil millones entran al comercio internacional (Seneca Creek Associates, LLC and Wood Resources International, 2004). También se ha destacado que "la tala ilegal es uno de los problemas más graves que afectan a los bosques primarios, no sólo en las zonas tropicales (Amazonía, Cuenca del Congo, Sureste Asiático), sino que lo mismo ocurre en bosques boreales como los de la región de Liberia Oriental (Rusia), en los bosques templados como los de México, Rumania o los de países del Cáucaso" (Greenpeace, 2006).

## El entorno de la actividad forestal ilegal

La Legislación.- La legislación forestal de México ha tenido a la fecha siete diferentes versiones en un periodo de 80 años (1926 - 2006). Desde su primera publicación en el año de 1926, hasta la reciente Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003), las leyes forestales han tratado de controlar y combatir la ilegalidad en la actividad del sector. El enfoque básico ha sido punitivo, es decir la aplicación de penas y castigos bajo diferentes formas y modalidades, a quienes han sido responsables o han propiciado la clandestinidad.

No obstante la intención de las diferentes leyes forestales por desincentivar la tala ilegal, paradójicamente han sido los problemas y las restricciones para llevarlas a la práctica los que la han promovido. La corrupción, la centralización en la toma de decisiones, la burocracia y la lentitud de los procesos administrativos que involucraron en su tiempo a los aprovechamientos legales, fueron elementos que fomentaron las cortas ilegales de madera. Tal situación fue estimulada por la escasez e ineficiente labor del personal del Servicio Forestal responsable de la protección y supervisión del recurso. Otros factores, como los prolongados

periodos entre la promulgación de las leyes y sus respectivos reglamentos, coadyuvaron también a la ilegalidad en el sector.

Las más importantes estrategias que el Gobierno Federal ha tratado de imponer para prevenir y combatir este problema del aprovechamiento forestal en México son: sanciones y penas a quienes practican talas clandestinas; control del transporte de los productos forestales; inspecciones a instalaciones e industrias forestales, etc. Sin embargo, las diferentes disposiciones han sido motivo de limitada, o en todo caso insuficiente aplicación, y para efectos prácticos, la actividad forestal ilegal no ha podido ser frenada. Uno de los aspectos que más ha incidido en la poca efectividad de la Ley, es la corrupción de quienes tienen la responsabilidad en su implementación.

La Ley Forestal de 1992 ha sido motivo de numerosas críticas y se considera que desató la ilegalidad forestal actual, por la desregulación y liberalización que promovió. Así, por ejemplo, en el estado de Chihuahua, Guerrero *et al.* (2000) señalaron que dio lugar a un aumento en la extracción ilegal de madera, a la expedición de un gran número de permisos de tala dudosos y a una rápida proliferación de aserraderos en la Sierra Tarahumara; fue tan grave el problema, que la SEMARNAP, a principios de 1999, restituyó el uso de las guías forestales que deben acompañar a todos los envíos de madera a fin de demostrar que corresponden a un permiso registrado. Las penas por violaciones eran leves, rara vez se adjudicaron, y se daba por sentada la participación de algunos funcionarios públicos en esos ilícitos.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable reconoce la necesidad de retribuir a los dueños y poseedores de los recursos forestales por los servicios ambientales que generan sus bosques -Artículo 133- (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2005). Sobre esta base, la CONAFOR creó e implementó dos programas de apoyo a los dueños de bosques: el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y el Programa para el Desarrollo del Mercado de Servicios Ambientales (captura de carbono, biodiversidad y sistemas agroforestales (PSA-CABSA).

La Administración.- A través de los años, la administración de los recursos forestales de México ha estado a cargo del Servicio Forestal Federal, adoptando diferentes denominaciones y modalidades, lo que ha evitado la continuidad en programas y estrategias.

El antecedente más antiguo relativo a la formación de personal orientado exclusivamente a la vigilancia y la protección de los bosques fue la Escuela de Guardería Forestal y de Caza y Pesca, ubicada en Tlalpan, D. F. donde funcionó de 1936 a 1939. Con la misma visión, posteriormente en el año de 1953 empezó a operar en Uruapan, Mich., la Escuela Nacional Militarizada de Guardas Forestales y de la Fauna, la que a lo largo de los años, formó: Guardabosques (1953-1957),



Guardas Forestales Técnicos (1958-1971), Guardas Técnicos Forestales (1972-1977) y Técnicos Forestales (1977-1984).

Como lo puntualiza el Plan Estratégico Forestal 2025 (CONAFOR, 2003): "Las labores de inspección y vigilancia en las áreas forestales de México se han desarrollado bajo diferentes esquemas. En la primera mitad del siglo pasado, destacaron las corporaciones de corte eminentemente punitivo, como fue el caso de la Policía Forestal. Con la promulgación de la Ley Forestal de 1960, se creó el Servicio Forestal como la corporación encargada de realizar las actividades de supervisión técnica y de vigilancia bajo la coordinación de la Dirección General de Supervisión Técnica y Vigilancia, de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Esta estructura funcionó hasta mediados de la década de los ochenta".

Los frecuentes cambios que se dieron en la organización administrativa del Servicio Forestal repercutieron en la desaparición de la unidad encargada de la inspección y vigilancia a partir de 1991. Tan importante tarea quedó restringida a un pequeño grupo de enlace de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, hasta la aparición de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en 1994. No obstante, la experiencia ha demostrado que esta forma de control y combate de la clandestinidad en el sector forestal nacional, pese a sus esfuerzos, tiene una efectividad restringida. El escaso personal de que dispone dicha dependencia y sus características financieras, se traducen en un impacto limitado ante la magnitud del problema (Comisión Nacional Forestal, 2003).

Otra forma en que la administración pública incidió aunque indirectamente, en la explotación ilegal de los bosques, fue a través del complejo y lento sistema burocrático que por muchos años prevaleció en el otorgamiento de autorizaciones y para realizar todo tipo de gestión referente a los aprovechamientos forestales. Tal situación agravada por la corrupción, se tradujo en desaliento y desinterés por parte de los propietarios, quienes en muchos casos prefirieron optar por la tala ilegal. La escasa y casi nula vigilancia forestal les demostró que esta alternativa resultó a la larga más conveniente y rentable que la vía legal.

Las Políticas.- Sin lugar a dudas, las malas políticas que alrededor de los bosques se han implementado en el país, han tenido una trascendencia importante en la proliferación de la actividad forestal clandestina.

Los decretos de vedas forestales que se dieron en el país durante las administraciones públicas de los presidentes Manuel Ávila Camacho y Miguel Alemán Valdés dejaron un efecto negativo. Las consecuencias en términos de deforestación y de tala ilegal a lo largo de décadas, son incalculables. Sobre el particular Merino y Segura (1993) han señalado: "Los bosques de las regiones donde el clandestinaje forestal ha tenido mayor persistencia, como sucede en

los estados de Michoacán, Puebla y Estado de México, han estado sujetos a prolongadas vedas forestales. Al cobijo de las cuales se desarrollaron redes encargadas de la extracción, transporte e industrialización clandestinas de madera, que continuaron operando ilegalmente aún cuando las vedas concluyeron y llevaron al mercado productos de precio inferior al de los productos legales”

## La certificación forestal y su impacto en México

El problema de la tala ilegal, así como de la sobreexplotación forestal a nivel mundial, promovieron en años recientes, la modalidad por parte de un buen número de importadores internacionales, de exigir madera que garantice su procedencia de aprovechamientos sustentables. Tal proceso es bien conocido en la actualidad como “certificación forestal”

Esta medida asegura que la madera puede ser adquirida por los consumidores, con la certeza de que proviene de sistemas donde el manejo es ambientalmente adecuado, socialmente benéfico y económicamente viable. El ente certificador, proporciona, al final, una declaración de calidad del manejo y del producto, llamada también «Sello Verde» (Recursos Naturales Tropicales, 2003).

Se ha destacado que “las iniciativas más notables para vincular el comercio a la ordenación forestal sostenible son los planes de certificación forestal y otros mecanismos mercantiles como la verificación de la cadena de custodia y el etiquetado de los productos” (Mersmann, 2004). Lamentablemente, sólo alrededor del 4% de la superficie forestal mundial está actualmente sujeta a certificación, la mayor parte en países desarrollados (CEPE/FAO, 2004). En México, dicho proceso ha crecido muy despacio, pero su participación en la producción forestal nacional aún es mínima. Su futuro es bastante incierto, dada la demanda de madera ilegal por parte de un elevado número de aserraderos.

Se reconocen los esfuerzos internacionales que varias organizaciones y diversos países están haciendo para promover la comercialización de productos forestales certificados (The Forests and the European Union Resource Network, 2002). Sin embargo, todo parece indicar que el impacto de estas acciones en la actividad forestal ilegal de las naciones en desarrollo, como es el caso de México, será -por lo menos en el corto y en el mediano plazo- muy limitado. La razón es que la mayoría del comercio de productos forestales existente en ellas es doméstico. La producción casi en su totalidad se destina a los mercados internos. En tales condiciones, las expectativas para reducir la ilegalidad en el sector forestal, dependerán fundamentalmente de las políticas, estrategias y acciones que adopten los estados para combatirla dentro de sus fronteras.

La actividad forestal ilegal, el narcotráfico y otras actividades ilícitas, han crecido de manera incontrolada a través del tiempo y han penetrado tan profundamente en el tejido social de los países subdesarrollados, que su

combate y erradicación actual, además de complejo, tiene fuertes implicaciones sociales y económicas.

## Repercusiones de la actividad forestal ilegal

La actividad forestal ilegal tiene trascendentes efectos negativos en México que pueden conceptualizarse desde tres perspectivas: a) ecológica; b) económica y c) social.

**Repercusión ecológica.-** La tala clandestina no responde a ningún criterio técnico, ecológico o silvícola. Se centra única y exclusivamente alrededor del interés particular del que la lleva a cabo. Por lo general, se concentra alrededor de ciertos tipos de bosques que reúnen condiciones que satisfacen la voracidad del contrabandista, o que por su ubicación, representan la mejor alternativa para cortar y transportar la madera. De esta manera, la explotación ilícita de la materia prima destruye poco a poco superficies arboladas (las más cercanas a las poblaciones y caminos existentes), empobrece la estructura genética y comercial de los ecosistemas (por la extracción de individuos arbóreos de las especies y del tipo de mayor valor comercial); afecta la biodiversidad (por medio de la intensa fragmentación del bosque que ocasiona); rompe la estructura de edades (por ejemplo, del aprovechamiento de arbolado comercial de ciertas categorías diamétricas); destruye la regeneración natural (por los sistemas primitivos de derribo y extracción de trocerías), etc.

Sobre el impacto ecológico de la tala furtiva de madera en México, se ha citado que en el caso del Parque Nacional Ixta-Popo, Zoquiapan y Anexas, "La tala clandestina, aunada a otros factores impactantes nos entrega en la actualidad un bosque con una cubierta vegetal arbórea menor al 60% de su capacidad total" (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2006).

**Repercusión económica.-** La inserción en el sistema económico de madera ilegal y de productos forestales elaborados con dicho insumo, se traduce en una distorsión del mercado, con diversas implicaciones.

La Figura 3 ilustra el impacto de la presencia de productos forestales de madera ilegal en el mercado de un país como México, ya que se crean dos segmentos, el legal y el ilegal. El primero está dado por la intersección de la curva de oferta de los productos forestales que se elaboran dentro de la cadena productiva abierta ( $O_1$ ) sobre la demanda de mercado ( $D_M$ ). El punto de equilibrio (1) en este caso determina un nivel de precios  $p_1$  y una cantidad de producto  $q_1$  que definen el mercado libre y abierto. El segundo segmento conocido como ilegal, es definido por la oferta de productos forestales elaborados con madera clandestina ( $O_2$ ), la que por su naturaleza, carece de costo de la materia prima (o es significativamente pequeño), se ubica muy desplazado a la derecha de la curva de oferta del mercado legal; e intercepta a la curva de la demanda para fijar un

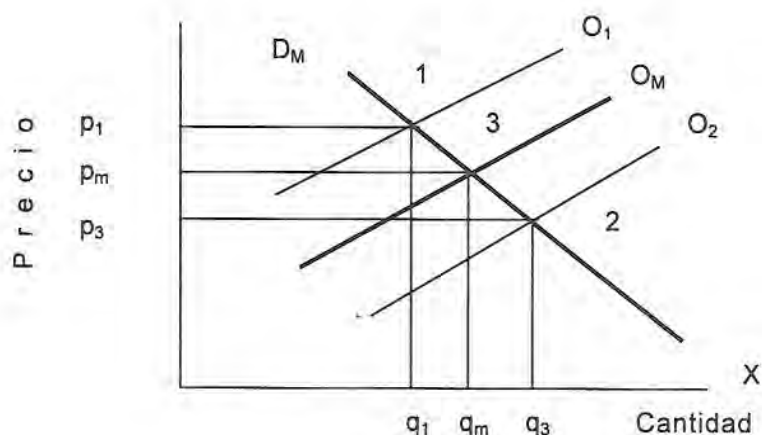


Figura 3. Efecto de la inserción de productos elaborados de madera ilegal en el mercado de productos forestales

punto de equilibrio (2) diferente al anterior. En esta nueva circunstancia, por el origen del producto, el precio establecido es inferior ( $p_3$ ), lo que se traduce en una cantidad de consumo mayor ( $q_3$ ) que en el caso previo. La situación descrita, por el efecto del diferencial de precios canaliza el consumo de productos forestales hacia los elaborados con materia prima ilegal hasta agotar la oferta. Los productos de procedencia legal sólo se consumen de manera parcial, dependiendo de la disponibilidad de aquellos que son ilegales, causando grandes inventarios de los primeros, lo cual tiende a desincentivar la producción legal.

La oferta global del mercado integra en  $O_M$  las ofertas  $O_1$  y  $O_2$ , y establece en su intersección con la demanda (punto de equilibrio 3), una fase intermedia de precio ( $p_m$ ) y cantidad ( $q_m$ ) con relación a los casos definidos por los dos segmentos de mercado mencionados.

El panorama global planteado varía a nivel regional, en función de la relación de precios entre la madera legal y la ilegal, y la disponibilidad de ésta última. El impacto más importante de la distorsión económica reseñada es el desestímulo de quienes trabajan en la legalidad. Parte de éstos, para continuar en el mercado están obligados a reducir precios, y en consecuencia disminuye la rentabilidad de su negocio. Algunos que operan con un margen mínimo de ganancia se ven forzados a abandonar el mercado.

Repercusión Social.- La tala clandestina y su ulterior procesamiento industrial también afectan a la sociedad. Ciertos problemas se generan a partir de talas

clandestinas en terrenos arbolados cuya propiedad se encuentra en litigio entre dos o más grupos sociales o poblaciones. Pueden definirse como: a) Extracción clandestina de madera en bosques comunales, por sus propios miembros (a veces coludidos con grupos organizados); y b) Sobreexplotación ilegal de madera por los habitantes de diferentes ejidos o comunidades en bosques particulares, reservas o parques nacionales.

Los eventos descritos adquieren diferentes matices y modalidades de acuerdo con las características de los ejidos y comunidades, que con base en la diversidad social y étnica de México, exhiben enorme variación. Algunas condiciones, entre las que se incluyen elevados niveles de marginación y rezago socioeconómico, aislamiento geográfico, ausencia de programas de manejo forestal en los bosques locales y otras que tienen que ver con el capital social, carencia de liderazgo, conflictos internos y la falta de capacitación, aparentemente son coadyuvantes a la extracción maderable ilegal.

## DISCUSIÓN

El combate a la ilegalidad ha sido a través del tiempo uno de los componentes más importantes de la política forestal mexicana. Desde la primera Ley Forestal en el siglo pasado (1926), fue motivo de diferentes preceptos legales para su prevención y combate. Por otro lado, la administración pública mediante el servicio forestal federal, ha contado con unidades administrativas y personal específicos para el mismo propósito. No obstante, los resultados a la fecha, muestran la poca efectividad de los esfuerzos realizados y un limitado éxito en los propósitos planteados.

La gestión ineficiente o la incapacidad del sector público de México, para controlar y combatir la ilegalidad en el sector forestal a través de los años, se atribuye a los siguientes factores:

Circunstancias inherentes al Servicio Forestal Federal.- Se han identificado diversos aspectos propios del servicio forestal mexicano que han propiciado la condición ilícita del manejo de la madera; destacan las siguientes:

- ♦ Escasos recursos (humanos y financieros) ante la magnitud del problema
- ♦ Corrupción del personal responsable
- ♦ Personal oficial carente de preparación y capacitación especial para la inspección y vigilancia forestal (selección sin tomar en cuenta preparación, capacidades y habilidades)
- ♦ Aplicación limitada y discrecional de la Ley
- ♦ Escasa conciencia, prepotencia y poco profesionalismo de responsables y autoridades
- ♦ Sistemas administrativos obsoletos y poco eficientes



- ♦ Exceso de tramitación y burocracia (muchas documentaciones, numerosos trámites y requisitos, periodos muy largos de espera, etc.) para la gestión forestal productiva.

#### Circunstancias externas al Servicio Forestal Federal.-

- ♦ Inestabilidad de las políticas y acciones
- ♦ Legislación cambiante y poco práctica
- ♦ Indiferencia en los más altos niveles del sistema político y administrativo
- ♦ Poca participación y concienciación de la sociedad alrededor del problema
- ♦ Desinterés de los gobiernos estatales y municipales.

La ilegalidad forestal cubre todo el ámbito geográfico de la nación, afecta a los ecosistemas forestales y tiene profundas implicaciones sobre un recurso natural con impacto definitivo, presente y futuro para la sociedad mexicana. Sin embargo, ésta ha demostrado poco interés, conocimiento y participación en el asunto.

El Programa Estratégico Forestal (PEF) al 2025, establece como una de sus estrategias en materia de aprovechamiento forestal: "Promoción de prácticas legales y limitación del acceso al mercado de madera aprovechada ilegalmente, a través de códigos de conducta a nivel de organizaciones empresariales" (CONAFOR, 2003). Al respecto se considera que, sin subestimar el impacto que pueda tener la promoción de códigos de conducta en el ámbito empresarial; en tanto no se implemente un control efectivo del ingreso de madera ilegal al sector industrial, los esfuerzos por combatir la ilegalidad, difícilmente podrán alcanzar éxito.

Existe una circunstancia relevante que "empaña" la posibilidad de terminar con la actividad forestal ilegal en el corto y mediano plazos; tiene que ver con el complicado andamiaje social y económico que se ha construido alrededor de ella. Hoy día, la derrama económica, los empleos que genera y los beneficios que aporta a un considerable número de mexicanos tal actividad, por más que falten estadísticas sobre el particular, se reconoce que es de trascendencia. Las dificultades que afronta el combate a la ilegalidad forestal son las mismas que se identifican para el narcotráfico o para el comercio informal de mercaderías en las zonas urbanas, y están relacionadas fundamentalmente con la necesidad de romper sólidas estructuras socio-económicas que han crecido y fortalecido con el paso de los años. Para un número de personas involucradas en estas actividades, el trabajo ilegal constituye el sustento básico de sus familias. Para ellas, permanecer en tal condición es cuestión de supervivencia.

Por otro lado, la consolidación y fortalecimiento de la cadena productiva y de valor del aprovechamiento forestal ilegal, ha permitido a sus protagonistas crear mecanismos internos que fortalecen cualquier eslabón que se vea afectado en un momento dado. Para citar un ejemplo, si la autoridad clausura un aserradero

clandestino, los otros eslabones de la cadena productiva -transportistas, industriales y comerciantes- en defensa de sus intereses, si se precisa, están en condiciones para promover la operación de un nuevo aserradero en otra localidad. En todo caso, apoyarán a los directamente afectados para tratar de sobornar a la autoridad, de tal manera que en breve plazo, el lugar clausurado reinicie sus operaciones.

## CONCLUSIONES

México es una nación donde la actividad ilegal ha estado inserta en el sector forestal a través de la historia, misma que debe su éxito a la sinergia, coordinación y complementación que se da entre los eslabones que constituyen la cadena productiva forestal ilícita.

Su primer elemento, la tala clandestina, tiene su origen en dos modalidades: una "tipo hormiga", realizada por los grupos sociales y etnias que habitan dentro de los bosques, los cuales dependen de éstos para su subsistencia. Por su naturaleza, la solución más que encauzarse a su "combate", debe basarse en la implementación de proyectos de desarrollo social, con enfoque a actividades productivas que generen empleos y una clara orientación a la pobreza y a la desigualdad.

La segunda clase de la tala clandestina la desarrollan grupos profesionales o semiprofesionales organizados. El éxito que han alcanzado tiene que ver con la eficiencia y rapidez de sus operaciones. Buena parte de esos grupos han podido salir adelante, gracias a su colusión con autoridades de diferentes niveles e instituciones.

No obstante, los esfuerzos desarrollados a lo largo del tiempo por los diversos gobiernos por combatir la actividad forestal ilegal, ésta no sólo ha perdurado, sino que ha crecido, y aún más, ha tomado formas de organización, sofisticación y peligrosidad, que hacen bastante más complicada y difícil su erradicación.

La ineficacia de las políticas para erradicar la ilegalidad forestal durante muchas décadas puede adjudicarse a varios factores, unos internos (atribuibles fundamentalmente a los problemas operativos y a los escasos recursos que en su momento estuvieron disponibles), y otros externos (situaciones que rebasaron el control y el alcance) al Servicio Forestal, de los que destacan:

- (I) La indiferencia o limitado interés hacia el problema por parte de las autoridades en los mas altos niveles de la jerarquía política y administrativa
- (II) La escasa o nula, además de discrecional aplicación de la Ley
- (III) La falta de involucramiento de los gobiernos estatales y municipales, así como de la ciudadanía en general

- (IV) Apoyos nulos a las unidades de la administración pública encargadas del combate a la ilegalidad (financiamiento escaso, recurso humano limitado y sin capacitación adecuada, infraestructura de trabajo inapropiada y obsoleta, etc.)
- (V) Sistemas administrativos saturados de burocracia y corrupción, etc.

En el contexto de este análisis, se reconoce el trabajo que lleva a cabo la PROFEPA, pero también debe admitirse que su esfuerzo es mínimo, ante la magnitud del problema.

El proceso de deterioro de los recursos forestales atribuible a la tala clandestina ha adquirido niveles de la mayor preocupación. El combate serio, formal y auténtico a la ilegalidad forestal, es inaplazable. El gobierno en sus diferentes niveles (federal, estatal y municipal) debe integrarse y coordinarse, sumando esfuerzos con los diferentes sectores de la sociedad involucrados, para llevar a cabo una auténtica defensa del patrimonio forestal de los mexicanos del presente y del futuro.

## **RECOMENDACIONES**

Las condiciones descritas apuntan hacia una solución de la ilegalidad forestal apoyada en las siguientes estrategias:

Continuar y mejorar los sistemas de prevención y combate mediante una auténtica cruzada nacional, que implique una acción conjunta y coordinada con la participación de todos los segmentos de la sociedad, particularmente, aquellos más ligados a los recursos forestales; esto es, propietarios de terrenos arbolados, transportistas, industriales, comerciantes, profesionistas, funcionarios públicos, investigadores, ONGs, etc. Al respecto, resulta conveniente señalar la necesidad de contar con una inserción sustantiva de los gobiernos estatales y municipales en el problema.

Por lo que se refiere a la acción del Estado, debe brindarse mayor apoyo a la PROFEPA para hacer más eficiente su gestión, institución que debe contar con recursos financieros y humanos suficientes, personal especializado y capacitar apropiadamente a sus técnicos; además de modernizar y dinamizar sus sistemas operativos.

Los gobiernos estatales deben crear sistemas y mecanismos efectivos para la vigilancia de la actividad forestal dentro de sus fronteras, trabajando con continua información, y en estrecha colaboración y sinergia con PROFEPA, SEMARNAT, CONAFOR y todas las organizaciones involucradas.

Hasta donde sea posible, explorar la posibilidad de llevar a la legalidad a las explotaciones clandestinas, promocionando la aplicación de planes formales

de manejo forestal. De forma complementaria, en tanto resulte factible, se sugiere regularizar a los aserraderos y plantas de transformación clandestinas. Así se estaría en condiciones de tener control de sus operaciones y se evitaría clausurar fuentes de trabajo.

Crear e implementar mecanismos de estímulo y fomento al empleo de prácticas, sistemas, procedimientos, etc. para el manejo sustentable de los bosques; y que se desarrollen en estricto apego a las leyes y a la normatividad. La estrategia es complementar las acciones tradicionalmente punitivas y de castigos, con políticas de estímulos e incentivos a quienes protegen sus bosques y realizan sus aprovechamientos responsablemente, en el marco de la legalidad. En este último caso se recomienda promover el pago por servicios ambientales, no sólo por parte del Gobierno Federal, sino involucrando a los gobiernos estatales. Otros programas, como el que administra el Fondo Monarca, que opera con los terrenos forestales ubicados dentro de la zona núcleo de la Reserva de la Mariposa Monarca, y brinda apoyo económico a los predios que no extraen madera (World Wildlife Fund México, 2004) son también recomendables en el caso de bosques comunales o ejidales de gran valor, que están bajo intensa presión social.

Si se considera que la ilegalidad se da en todo el proceso de la cadena productiva forestal, es recomendable aportar sugerencias para cada uno de sus eslabones.

## Eslabón 1. La tala ilegal

Recomendación 1.- Resolver los problemas de tenencia de la tierra existentes -muchos de ellos estancados a lo largo de décadas- en toda la geografía del país.

Recomendación 2.- Promover un sistema permanente, dinámico, moderno y eficiente de inspección y vigilancia por parte del gobierno federal y de los gobiernos estatales en aquellas zonas forestales del país con mayor índice de tala ilegal. Un procedimiento de esa naturaleza debe sustentarse en las siguientes acciones:

Un auténtico y bien estructurado programa nacional de vigilancia forestal de mediano y largo plazos.

Disponibilidad de personal suficiente, plenamente capacitado para el desempeño de su función.

Accesibilidad a sistemas, tecnologías, equipos y materiales modernos y eficaces.

Recomendación 3.- Motivar la organización y participación de los propietarios de los terrenos forestales en la vigilancia permanente de su patrimonio.

Sobre el particular, la PROFEPA y otras organizaciones han hecho esfuerzos por promover la constitución y operación de "comités de vigilancia". Esta labor tiene que ser intensificada, independientemente de que se capacite a los integrantes de los mismos sobre métodos más eficientes de operación.

Recomendación 4.- Con base en los altos niveles de peligrosidad que ha adquirido el combate a la tala clandestina en varias zonas forestales del país, los operativos que se realicen en el futuro, deberán ejecutarse por miembros del ejército mexicano y de otros grupos de policías de orden federal o estatal especializados en estas tareas. A dicho personal se le deben proporcionar las armas y el equipo apropiado a sus necesidades y al trabajo que llevarán a cabo.

## **Eslabón 2. El transporte de materia prima forestal ilegal**

Recomendación 5.- Con apoyo en información geográfica y logística detallada de la red de caminos y carreteras existentes dentro de, y alrededor de los macizos forestales más afectados por la tala ilegal, implementar sistemas eficaces para la detección y el control del transporte de productos forestales furtivos.

## **Eslabón 3. La industrialización de materia prima ilegal**

Recomendación 6.- Establecer un sólido vínculo de comunicación, cooperación y sinergia entre la PROFEPA, la SEMARNAT, la CONAFOR y los Gobiernos Estatales con el sector industrial-empresarial del ámbito forestal nacional, para abatir el uso de madera ilícita.

Recomendación 7.- Clausurar en forma definitiva en todo el contexto nacional, la operación de los establecimientos industriales ilegales que procesan algún tipo de madera y que no resulte factible canalizarlos a la operación legal, o que, después de hacer este esfuerzo, regresen a la ilegalidad.

Recomendación 8.- Mejorar y eficientar los procesos de control y supervisión de la madera que como insumo industrial, ingresa a los establecimientos que elaboran productos forestales.

Recomendación 9.- Aplicar de manera firme y efectiva, los ordenamientos legales, penas y sanciones a que se hagan acreedoras las empresas e instalaciones industriales que operan total o parcialmente con madera ilícita.

## **Eslabón 4. El comercio de productos forestales elaborados con materia prima ilegal.**

Recomendación 10.- Las estrategias de inspección y vigilancia forestal, tanto por parte del gobierno federal, como de los gobiernos estatales, deben centrarse



en toda la cadena productiva forestal, desde que la madera ingresa al proceso productivo hasta el momento en que se pretende comercializar en la forma de productos forestales que demanda el mercado. Solamente de esta manera podrán detectarse los productos que acceden al mercado y que proceden de madera ilegal.

Recomendación 11.- Promover intensamente la política de certificación forestal, y en especial de la cadena de custodia, en tal forma que se garantice que el producto forestal comercializado procede de un bosque bajo manejo sostenible. En paralelo, realizar intensas campañas de naturaleza permanente para inducir a la población a consumir productos forestales certificados.

El añejo y muy preocupante problema de la corrupción en el sector forestal, ha constituido una de las grandes flaquezas que han tenido los programas de combate a la ilegalidad en México y en diversos países. Sobre el particular, la FAO (2002) ha destacado que "las soluciones deben estar enfocadas más a las causas estructurales de la corrupción que a sus manifestaciones inmediatas". Al respecto, y refiriéndose a los funcionarios públicos responsables de la aplicación de la ley, el mismo documento considera la conveniencia de fomentar "un aumento de premios para contribuir con el aumento de la integridad. Si los funcionarios forestales reciben bajos sueldos, o si los criterios de promoción no están relacionados con la calidad de los servicios prestados, hay poco beneficio por ser honesto. En este contexto, los costos de perder un trabajo son bajos y la tendencia a aceptar sobornos aumenta". Por lo anterior, se establece la siguiente recomendación.

Recomendación 12.- Implantar y aplicar mecanismos de evaluación estrecha y continua alrededor de la actuación de los inspectores y del personal directamente ligado a la detección y sanción de prácticas forestales ilegales. Sus resultados deben constituir la base para la aplicación efectiva de las sanciones que estipulen los ordenamientos legales a quienes caigan en prácticas de corrupción, o por otro lado, para la premiación con los incentivos a que se hagan acreedores, quienes cumplen ejemplarmente con sus responsabilidades.

Sobre la parte final de la recomendación señalada, se sugiere poner en práctica un "paquete" atractivo de estímulos, particularmente en términos pecuniarios, a los técnicos y profesionales que combaten a la ilegalidad y que superan los intentos de soborno, desempeñándose con absoluta honradez en el cumplimiento de su trabajo.

Es preciso destacar que la ilegalidad forestal en México tiene entre sus causas principales, la pobreza y la marginación que impera en las regiones boscosas del país. Como ya se mencionó, la tala ilegal y las actividades que de ella derivan constituyen mecanismos de supervivencia para miles de mexicanos que carecen de empleo y de medios para ganarse la vida. Tal situación plantea

la urgencia de que el presente gobierno y los que continúen, pongan en marcha auténticas políticas de apoyo al desarrollo rural, promoviendo actividades económicas que generen ocupación y la oportunidad de una supervivencia digna a los habitantes rurales. En tanto esto no ocurra, la actividad forestal ilícita podrá frenarse, pero difícilmente eliminarse. De continuar la tendencia actual, el impacto de la destrucción y la pérdida de un recurso invaluable para la sociedad, será en un horizonte cercano irreversible, y las consecuencias serán muy funestas para nuestros nietos.

## REFERENCIAS

- Banco Mundial. 1991. México. Estudio de Revisión del Sector Forestal y Conservación de Recursos. Reporte 13114-ME. 159 p.
- Beltrán, E. 1966. Seis Lustros de Política Forestal. Ponencia No. 1. *In: Memorias del III Convención Nacional Forestal*. México, D. F. pp. 1-16.
- Comisión Económica para Europa (CEPE). 2004. Forest Products Annual Market Review, 2003-2004. Timber Bulletin, 57(3), Ginebra, Suiza, Disponible en: [www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2004/2004-fpamr.pdf](http://www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2004/2004-fpamr.pdf), (26 de mayo, 2005).
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNAP). 2006. Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan. Problemática del Parque. 5 p. [http://iztapopo.conanp.gob.mx/prob\\_pn.php](http://iztapopo.conanp.gob.mx/prob_pn.php), (8 de abril, 2006).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2003. Programa Estratégico Forestal para México 2025. SEMARNAT. México, D. F. México. 192 p.
- González P., C. 1980. El análisis socioeconómico en el desarrollo forestal. *In: Aspectos Económicos y Sociales de la Actividad Forestal*. Memoria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales México, D. F. México. pp. 51-60.
- Guerrero M., T., C. Reed, B. Vegter y G. Kourous. 2000. La industria maderera en el norte de México: Impactos económicos y ambientales. *Borderline* 64. Vol. 8. No. 2. 8 p.
- Greenpeace España. La tala y el comercio de madera ilegal. <http://www.greenpeace.org/espana/campaigns/bosques/ecosistemas-en-peligro/la-tala-y-el-comercio-de-made>. (13 de marzo, 2006).
- La Jornada. 2004. De 12 millones de metros cúbicos de madera, 4 se venden de forma ilegal. Edición de fecha 27 de diciembre, 2004. <http://www.jornada.unam.mx/2004/12/27/036n1soc.php> (12 de abril de 2006).
- Merino, L. y G. Segura. 1993. El manejo de los recursos forestales en México, 1992-2002. Procesos, tendencias y políticas públicas. [http://www.rolac.unep.mx/johannesburgo/cdrom\\_alc/riomas10/elmanejo.pdf](http://www.rolac.unep.mx/johannesburgo/cdrom_alc/riomas10/elmanejo.pdf). (3 de febrero, 2005).

- Mersmann, C. 2004. Los vínculos entre el comercio y la ordenación forestal sostenible: una visión de conjunto. *Unasyuva* No. 219. Vol. 55 (4): 3-9.
- Musálem L., F. J. 2000. Nueva Normatividad para los Aprovechamientos Forestales (Maderables y no Maderables). <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/095/sup095.pdf>, (21 de marzo, 2006).
- Notimex. 2006. Refuerza Michoacán lucha contra la tala clandestina. <http://www.esmas.com/noticierostelevisa/mexico/378069.html>, (8 de abril, 2006).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Panel Técnico en Sesión: Extracción Forestal Ilegal. Comisión Forestal para América Latina. 22ª. Reunión. Buenos Aires, Argentina, <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/005/AC494S/AC494S14.htm>, (11 de febrero, 2006).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 2005a. Primera Revisión del Programa Estratégico Forestal 2025 y del Programa Nacional Forestal 2001-2006. 31 p. México D. F. [http://www.ccmss.org.mx/documentos/evaluacion\\_fao\\_del\\_pnf\\_y\\_pnf.pdf](http://www.ccmss.org.mx/documentos/evaluacion_fao_del_pnf_y_pnf.pdf) (19 de marzo, 2006).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2005b. Anuario de Productos Forestales. 2003. Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/008/y5985m/y5985m00.htm>. (12 de marzo, 2007).
- Presidencia de la República. 2004. Las buenas noticias también son noticia. Pretenden erradicar tala ilegal. <http://www.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/index.php?contenido=16095>. (13 de febrero, 2005).
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 2007. Resultados del Programa de Combate a la Tala Clandestina 2004-2005. [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx) (16 de octubre, 2007).
- Recursos Naturales Tropicales. 2003. San José, Costa Rica. <http://www.rntsa.com/certificacion.htm> (16 de marzo, 2006).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2003. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2003. México, D. F. México. 147 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2004. Síntesis de prensa nacional. Comunicación Social. <http://www.semarnat.gob.mx/comunicacionsocial/s14-04-05.htm> (18 de abril, 2005).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento. Diario Oficial de la Federación, publicado el 26 de diciembre de 2005. México, D. F., México. 69 p.

- Seneca Creek Associates, LLC and Wood Resources International. 2004, *Illegal Logging and Global Wood Markets: The Competitive Impacts on the U.S. Wood Products Industry*, Seneca Creek Associates, November. Poolesville, MD. USA. 190 p.
- Snook, Laura. 1993. *Production Models for Mexican Forests. A First Approximation. Economic and Competitiveness Aspects*. Working Paper 13. World Bank. 9 p.
- The Forests and the European Union Resource Network (FERN). 2002. *Illegal logging, and the global trade in illegally sourced timber; a crime against forests and peoples*. <http://www.fern.org/pubs/ngostats/logging.pdf> (21 de marzo, 2006).
- World Wildlife Fund. México. 2004. *Fondo Mariposa Monarca*. [http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog\\_bosques\\_mm\\_fondo.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques_mm_fondo.php). (24 de abril, 2006).





# HOMENAJE AL M.C. TOMÁS HERNÁNDEZ TEJEDA, POR SU CONTRIBUCIÓN AL PREMIO NOBEL DE LA PAZ 2007

Georgel Moctezuma López<sup>1</sup>

Tomás Hernández Tejeda, Investigador Titular del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF) y editor de la Revista *Ciencia Forestal en México*, formó parte integral del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), creado en 1988 por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Por su desempeño y resultados obtenidos, el Comité del Premio Nobel le otorgó el diploma que lo acredita como participante distinguido del equipo que obtuvo dicho galardón en el campo de la Paz 2007.



MC. Tomás Hernández Tejeda, Investigador Titular del CENID - COMEF

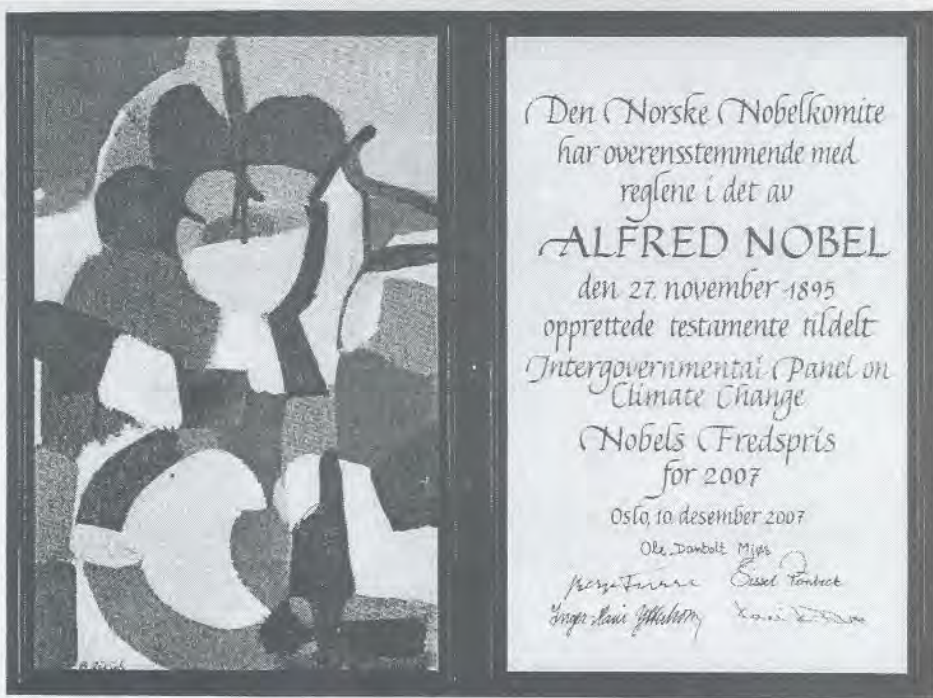
---

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), INIFAP. Correo-e: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx

Estas distinciones se conceden a personas con una brillante trayectoria y una capacidad intelectual a toda prueba en distintos ámbitos.

La noticia fue motivo de verdadero júbilo entre la comunidad científica del CENID-COMEF. El C. Director de INIFAP, Dr. Pedro Brajcich Gallegos, hizo un merecido reconocimiento al M. C. Hernández Tejeda, durante una emotiva ceremonia en la que estuvieron presentes algunas autoridades de la institución, así como investigadores del CENID-COMEF y el Director del propio Centro, Dr. Fabián Islas Gutiérrez.

En tal ocasión, se destacó el significado de este premio internacional en el seno de la contribución del homenajeado científico mexicano al gran proyecto que resultó merecedor de la máxima distinción al conocimiento humano; además, se hicieron remembranzas sobre una experiencia semejante y se le extendió una carta en la que se plasma el sentimiento de orgullo institucional que el referido logro representa.



El Dr. Brajcich destacó que la investigación forestal del INIFAP tiene mucho por contribuir a la solución del problema del calentamiento global, y



que los países en vías de desarrollo muestran gran interés por abatir los efectos de los gases invernadero, a partir del aporte en la captura de carbono por medio de sus bosques y selvas, y mediante la promoción de la captura de agua de lluvia y la mitigación de la erosión de sus suelos.



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



PRESENTED TO

**TOMAS HERNANDEZ-TEJEDA**

FOR CONTRIBUTING TO THE AWARD OF THE

**NOBEL PEACE PRIZE**

FOR 2007 TO THE IPCC

Handwritten signature of R. K. Pachauri in black ink.

R. K. Pachauri  
IPCC Chairman

Handwritten signature of R. Christ in black ink.

R. Christ  
IPCC Secretary

Posteriormente, investigadores, trabajadores y autoridades organizaron un convivio para festejar al compañero y amigo Tomás Hernández, quien con su esfuerzo, talento, compromiso, disciplina y contribución sustantiva se hizo acreedor a una parte del "Premio Nobel de la Paz 2007" Su logro, es motivo de inspiración, satisfacción y orgullo para quienes trabajamos en el CENID-COMEF en pro de la investigación forestal.



## **INSTAURACIÓN DEL PREMIO “DRA. HILDA SUSANA AZPIROZ RIVERO”**

Cecilia Nieto de Pascual Pola<sup>1</sup>

Como parte de las celebraciones del Día Internacional de la Mujer, en la Universidad Autónoma Chapingo se le rindió un emotivo homenaje a nuestra editora, la Dra. Hilda Susana Azpiroz Rivero, el pasado 7 de marzo de 2008, con motivo de su brillante trayectoria profesional.



---

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. Correo-e: [nieto.cecilia@inifap.gob.mx](mailto:nieto.cecilia@inifap.gob.mx)



En esa ocasión se presentó una breve semblanza de su desarrollo académico y laboral en el que se hizo referencia a eventos significativos como su titulación en el año de 1974, en la licenciatura de Ingeniería Agronómica con especialidad en Industrias Agrícolas, convirtiéndose así en la primera mujer titulada egresada de la Universidad Autónoma Chapingo. Ese mismo año, se trasladó a Boloña, Italia, donde realizó una especialización en Conservación de Productos Hortofrutícolas por medio Refrigeración y Atmósfera Controlada en la Università di Bologna. Años después, en la Université Nancy I, Francia, recibió el entrenamiento conducente a obtener el Diploma de Estudios Profundos en Nutrición, Ciencia de la Alimentación y Bioquímica Aplicada. En 1989, en la Universidad de Paris XI, en Orsay, Francia, obtuvo el Diploma de Doctor en Ciencia (Ph.D.), en mejoramiento genético de plantas, con una tesis que analiza las técnicas de vanguardia en biotecnología. En el año de 1977 se incorporó al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, que al convertirse en el INIFAP, la vio partir en 2007, dejando tras de sí un sinnúmero de aportaciones de gran valor científico en el sector agrícola y forestal.

Por tal motivo, la Asociación de Egresadas de Chapingo A.C. (AECh) la hizo merecedora del Premio que ostenta su nombre y que quedó plasmado en una medalla; serán acreedoras de recibir esta presea las estudiantes que obtengan el mejor promedio de los últimos semestres en la especialidad. Durante la ocasión se entregaron diplomas y medallas a varias estudiantes.

Este reconocimiento se agrega a los más de 18 que ha recibido, entre los que destacan: "Distinción Honorífica a Profesionales de la Agronomía", otorgada por la Junta de Honor y Justicia de la Confederación Nacional Agronómica; "Distinción al Desempeño a Profesionales de la Agronomía", por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y la Distinción por su labor como Presidenta de la Sociedad Mexicana de Fitogenética 2000.

**La Revista *Ciencia Forestal en México*,**  
como uno de los principales medios de difusión de la  
investigación del sector forestal en el INIFAP, ofrece el

## **CURSO DE EDICIÓN**

con las siguientes características:

### **Objetivo:**

- Capacitar a los interesados en la revisión y corrección de textos científicos para publicación.

### **Dirigido a:**

- Profesionistas interesados en la edición de textos científicos, dedicados a las ciencias forestales, biológicas, geográficas y agropecuarias.

### **Lugar:**

CENID – COMEF / INIFAP  
Av. Progreso No. 5, Viveros de Coyoacán  
C.P. 04110 México, D.F.

**Fecha:** Del 8 al 11 de septiembre de 2008

**Horario:** de 9:30 a 14:30 horas

**Duración:** 20 horas

**Cupo:** 20 a 25 personas

**Costo:** \$2,000.00 por persona

Para mayores informes, comunicarse con:

Dra. Cecilia Nieto de Pascual Pola

Coordinadora Editorial

Correo-e: [nieto.cecilia@inifap.gob.mx](mailto:nieto.cecilia@inifap.gob.mx) ó [d\\_peci@yahoo.com](mailto:d_peci@yahoo.com)

y

Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Correo-e: [zamora.marisela@inifap.gob.mx](mailto:zamora.marisela@inifap.gob.mx)

Tels: (55) 3626-8699

3626-8697





Para el pago de suscripciones se deberá hacer un depósito a la cuenta **0116034722**, Clabe **072180001160347220**, del Grupo Financiero BANORTE, Sucursal No. 2037. En el caso de suscripciones internacionales, la Clave SWIFTT correspondiente es: MENOMXMT. Se deberá enviar copia del depósito por fax o correo electrónico. Si el pago es con cheque, se requiere expedirlo a nombre del **INIFAP/CENID-COMEF**.

<u>Precios de suscripción (incluye envío)</u>			
Nacional:	\$	300.00	Institucional
	\$	150.00	Individual
Extranjero:	\$	90.00 USD	Institucional/Institutions
	\$	45.00 USD	Individual/Individuals

Toda correspondencia relacionada con la revista, favor de dirigirla a:

**Director de la Revista**  
***Ciencia Forestal en México***  
**Av. Progreso No. 5**  
**Barrio de Santa Catarina**  
**Delegación Coyoacán**  
**C.P. 04010 México, D. F.**  
**México.**  
**Correo-e: [ciencia.forestal@inifap.gob.mx](mailto:ciencia.forestal@inifap.gob.mx)**  
**Teléfono y Fax: 3626-8697**  
**Conmutador: 3626-8700 ext. 139**

La Revista ***Ciencia Forestal en México***, Vol. 33, Núm. 103, se terminó de imprimir en el mes de junio de 2008, en la Imprenta del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-COMEF/INIFAP). Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán. C. P. 04010 México, D. F.

Elaboración de originales: Margarita Muñoz Morgado  
Formación y fotomecánica: Ismael Casas Díaz  
Impresión: César Caballero Rivas  
Encuadernación y terminado: José Alberto Díaz Durán y Tomás Muñoz Jiménez

Tiraje: 1,000 ejemplares.

## INSTRUCTIVO PARA AUTORES

La revista *Ciencia Forestal en México* acepta para su publicación artículos científicos, notas técnicas y ensayos. Dichas contribuciones deberán ser inéditas y someterse de acuerdo a las características indicadas en el Formato General (Capítulo IV) del documento Normas, Reglamento y Procedimientos Editoriales (*Ciencia Forestal en México* Vol. 24, Núm. 85, enero-junio 1999).

Artículo científico: será recomendable que no exceda de 20 cuartillas, incluyendo cuadros y figuras. Estará integrado por: resumen (200 a 250 palabras), palabras clave, *abstract*, *key words*, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos y referencias.

Nota técnica: aportaciones breves basadas en investigación científica (máximo 10 cuartillas incluyendo cuadros y figuras) cuyos resultados, aunque sean parciales, aporten un avance metodológico o experimental en la ciencia forestal y ameriten ser publicados a juicio del Consejo Arbitral. Incluirá los apartados de un artículo, con excepción de las conclusiones, aunque se pueden incorporar recomendaciones.

Ensayo técnico: contribuciones con un enfoque científico y analítico, que aporten un avance a la dasonomía como ciencia. Se integrarán por los apartados de: resumen, palabras clave, *abstract*, *key words*, introducción, desarrollo y discusión del tema, conclusiones y referencias.

Recomendaciones:

1. Los trabajos estarán escritos en una versión reciente del procesador *Word*, a doble espacio y con tipo *arial* 12. Se enviará un original y tres copias en papel *bond*, acompañadas de la versión digital en un disquete de 3½, CD o ZIP. Cualquier observación adicional se indicará en forma anexa, así como la dirección postal, correo electrónico, número telefónico y de fax del autor responsable, con quien se establecerá comunicación en lo sucesivo.

2. Remitir su manuscrito mediante un comunicado oficial a la siguiente dirección:

Director de la Revista *Ciencia Forestal en México*  
INIFAP  
Av. Progreso No. 5  
Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán  
C.P. 04010 México, D. F.  
México.

3. En el caso de que los árbitros o editores sugieran modificaciones, éstas se harán del conocimiento al autor responsable mediante un comunicado oficial.

4. Las normas, reglamento y procedimientos editoriales, pueden ser consultadas en la página electrónica: <http://www.inifap.gob.mx/publicaciones/cientifica/TFM/85.pdf>  
En caso de requerir mayor información, favor de enviar un correo electrónico a: [ciencia.forestal@inifap.gob.mx](mailto:ciencia.forestal@inifap.gob.mx)



# CIENCIA FORESTAL

en México

VOL. 33

ENE-JUN 2008

NÚM. 103

CONTENIDO	Pág.
CONSEJO CONSULTIVO Y CONSEJO EDITORIAL	3
CONSEJO ARBITRAL	5
EDITORIAL	9
EFFECTO DEL ALMACENAMIENTO SOBRE LA VIABILIDAD Y LA GERMINACIÓN DE BELLOTAS DE <i>Quercus rugosa</i> Y <i>Quercus glabrescens</i> Fernando Zavala Chávez †	15
REGENERACIÓN DEL COGOLLO DE <i>Agave lechuguilla</i> Torr. DE CINCO PROCEDENCIAS BAJO CULTIVO David Castillo Quiroz, Carlos Alejandro Berlanga Reyes, Marisela Pando Moreno y Antonio Cano Pineda	27
PROYECCIONES DIAMÉTRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO Rolando Orozco Contreras, José Ángel Prieto Ruiz y José de Jesús Návar Cháidez	41
ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y SIMILITUD DE HONGOS ECTOMICORRIZÓGENOS EN BOSQUES DE BOCOYNA, CHIHUAHUA, MÉXICO Miroslava Quiñónez Martínez, Fortunato Garza Ocañas, Manuel Sosa Cerecedo, Toucha Lebgue Keleng, Pablo Lavin Murcio y Susana Bernal Carrillo	59
ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE CONÍFERAS NATIVAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN H. Jesús Muñoz Flores, Roberto Toledo Bustos, Trinidad Sáenz Reyes, Francisco J. Villaseñor, J. Jesús García Sánchez y J. Jesús García Magaña	79
POTENCIAL PRODUCTIVO EN EL DISTRITO FEDERAL PARA ÁRBOLES DE NAVIDAD Y ARBUSTOS DE USO MÚLTIPLE Ceferino Ortíz Trejo, Francisco Camacho Morfín, Eulogio Flores Ayala y Pilar de la Garza López de Lara	103
ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE SERRÍN DE <i>Pinus caribaea</i> Moralet EN EL OCCIDENTE DE CUBA Iván Relova Delgado, Santiago Vignote Peña, María A. León Sánchez y Fidel Cándano Acosta	129
EL "OTRO" MÉXICO FORESTAL (LA ACTIVIDAD FORESTAL ILÍCITA) Miguel Caballero Deloya	149
HOMENAJE AL M.C. TOMÁS HERNÁNDEZ TEJEDA	177
HOMENAJE A LA DRA. HILDA SUSANA AZPIROZ RIVERA	181
CURSO DE EDICIÓN	183